



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

UC-NRLF



B 3 878 880

LIBRARY  
OF THE  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

*Class* BIOLOGY  
LIBRARY  
6





Studien  
über den  
Milchsaft und Schleimsaft  
der Pflanzen.

Von

**Prof. Dr. Hans Molisch,**

Vorstand des pflanzenphysiologischen Institutes der deutschen Universität Prag.

---

Mit 33 Holzschnitten im Text.



**Jena,**  
Verlag von Gustav Fischer.  
1901.

6411  
115  
BIOLOGY  
LIBRARY  
G

## GENERAL

---

Uebersetzungsrecht vorbehalten.

---



Herrn

**Dr. M. Treub,**

Director des botanischen Gartens in Buitenzorg (Java),

in freundschaftlicher Verehrung

gewidmet

**vom Verfasser.**

167457



# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung . . . . .	1
<b>I. Milchsaft.</b>	
A. Die lebenden Theile des Milchröhreninhaltes . .	3
1) Plasma und Kerne . . . . .	3
<p>Die einschlägige Literatur 3 — Eigene Untersuchungen 4 — Plasmaschlauch bei <i>Euphorbia splendens</i> BOJ. und <i>Poinsettia pulcherrima</i> R. GRAH. Stärkekörper liegen in demselben 4—6 — Plasmaschlauch bei <i>Ficus elastica</i> HORT. und <i>Musa</i> 7 — Kerne besonderer Art in Milchröhren. Blasenkerne von <i>Musa</i>-Arten 8 — Beschreibung derselben 8—10 — Blasenkerne von Aroideen 11 — Milchkerne bei Euphorbiaceen, von <i>Allamanda Schottii</i> HOOK. und <i>Brosimum microcarpum</i> SCHOTT. 12 — Eigenartige Kerne in den Saftbehältern von <i>Tropaeolum</i>.</p>	
2) Leukoplasten und Vacuolen nebst den darin entstehenden Körpern . . . . .	16
a) Stärke . . . . .	17
<p>Stärkebildner bei Euphorbiaceen. Ihr Aussehen. Sichtbarmachung des Stärkebildners bei Stärkekörpern 17—19 — Vorkommen der Stärke 19 — TH. HARTIG's Ansicht von der weiten Verbreitung der Stärke in Milchsäften ist unrichtig 20 — Vorkommen von Stärke bei <i>Nerium Oleander</i> L. und <i>Allamanda Schottii</i> HOOK. 20.</p>	
b) Proteinkörner, Proteinkristalloide und andere Krystalloide . . . . .	21
<p>Der Milchsaft von <i>Cecropia peltata</i> L., ein Reservoir von Proteinkörnern. Beschreibung derselben. Sie entstehen in Leukoplasten (Proteinoplasten). Sichtbarmachung derselben. Beschreibung derselben 21—22 — Ihre Structur. Sie geben die Eiweissreactionen 23 — Die Proteinkörner im Milchsaft von <i>Brosimum microcarpum</i> SCHOTT. 24 — Beschreibung derselben, sie entstehen gleichfalls in Proteinoplasten 24 — Analoge Gebilde beim Hopfen. Der Milchsaft von <i>Stuednera colocasiaefolia</i> C. KOCH, seine Leukoplasten und Anderes 25 — Sonderbare Inhaltskörper bei einigen</p>	

Aroideen 25—26 — Eiweisskrystalloide bei Apocyneen 27 — Krystalloide bei Amorphophallus Rivieri DUR. 27 — Krystalloidvacuolen im Milchsaft von Musa 28—31 — Krystalloide bei Jatropha. Eigenschaften der Krystalloide 31—34 — Sie liegen in Vacuolen 30.	Seite
c) Oel . . . . .	34
Die Eläoplasten im Milchsaft von Homalanthus populneus PAX. Beschreibung der Oelbildner 34—37 — Oelkugeln bei Musa. Sie entstehen in Vacuolen 37 — Vacuolen in Milchsäften weit verbreitet 39.	
Rückblick . . . . .	39
Milchröhren sind im Wesentlichen wie Zellen gebaut, insofern sie Plasma, Kern, Leukoplasten, Vacuolen und andere Inhaltskörper führen. Innerhalb des Plasmaschlauches liegt der Milchsaft im engeren Sinne. Er entspricht dem Zellsaft 40 — Die Ansicht BERTHOLD's über den Milchsaft 40 — Kritik derselben 41.	
B. Chemie des Milchsaftes . . . . .	42
Einleitung . . . . .	42
Die Reaction des Milchsaftes . . . . .	43
2) Anorganische Körper . . . . .	45
a) Calcium . . . . .	45
Der Kalk ist immer gelöst. Die Mengen sehr verschieden 45 — Euphorbia Lathyris L. Milchsaft, ein Beispiel für massenhaftes Vorkommen von Kalk 47.	
b) Magnesium . . . . .	48
Magnesium weit verbreitet 49 — Ficus elastica hort., ein Beispiel collossaler Anhäufung von Magnesium im Milchsaft 49 — Ebenso Galactodendron utile H. B. und K. und Euphorbia mammillaris L. 50.	
c) Chlor . . . . .	51
Der Gehalt an Chloriden sehr verschieden 51.	
d) Salpeter- und Phosphorsäure . . . . .	52
Die Mehrzahl der Milchsäfte giebt die Reaction auf diese Säuren nicht 52.	
3) Organische Körper (Kautschuk, Harz, Fett) . . . . .	52
Schwierigkeiten der mikrochemischen Erkennung 53 — Kautschuk- kügelchen geben die RASPAIL'sche Reaction. Vorsicht in der Dia- gnose der genannten Körper 53—54 — Die Milch des Kuhbaums Galactodendron utile H. B. und K. 54 — Analyse derselben von BOUSSINGAULT 56 — Eigene Beobachtungen 56.	
b) Eiweiss . . . . .	57
Hinweis auf das Vorkommen von Proteinkörnern und Krystal- loiden im Milchsaft 57 — Sonstiges Vorkommen von Eiweiss 58 — Die Gerinnung des Milchsaftes. Mittel, die Gerinnung hervorzu- rufen. Einwirkung des Ammoniaks 60.	

	Seite
c) Fermente . . . . .	60
Der Milchsaff von <i>Carica Papaya</i> L. 61 — Merkwürdiges Verhalten desselben bei Zufluss von Wasser 61 — Die Untersuchungen WITTMACK's und HANSEN's über die vorhandenen Fermente 62.	
d) Leptomin . . . . .	63
BACIBORSKI's Untersuchungen 63 — Leptomin kann in den verschiedensten Geweben auftreten 64—65 — Die Ansicht RACIBORSKI's, Leptomin fungire ähnlich wie Hämoglobin ist vorläufig nicht gestützt 67 — Manche Milchsäfte wirken nicht bloss oxydirend sondern auch reduzierend ( <i>Scorzonora hispanica</i> L.) 67.	
e) Gerbstoffe . . . . .	68
Der Gerbstoffreichthum des Musaceen- und Aroideenmilchsaffes 68 — Die Ansicht DE BARY's, die Function dieses Milchsaffes sei verschieden von der anderer Pflanzen, ist nicht berechtigt 68 — Die meisten gerbstoffhaltigen Milchsäfte färben sich, mit Kalilauge erwärmt, roth bis blaviolett 69.	
f) Kohlehydrate und Glykoside . . . . .	70
Vorkommen von Glykose 70 — Vorkommen von Inulin bei <i>Taraxacum officinale</i> WIGG. und <i>Scorzonera hispanica</i> L. Indican 71.	
g) Alkaloide . . . . .	71
<i>Chelidonium majus</i> L., <i>Sanguinaria canadensis</i> L., <i>Bocconia cordata</i> WILLD., <i>Escholia californica</i> Cham., <i>Argemone mexicana</i> L., <i>Papaverarten</i> 76 — Der Milchsaff dieser Pflanzen der Hauptsitz der Alkaloide und ein reiches Reservoir von giftigen Pflanzenbasen 77.	
C. Einige Bemerkungen über Milchsaff . . . . .	77
1) Die Concentration des Milchsaffes . . . . .	77
Zahlreiche Milchsäfte stellen concentrirte Lösungen verschiedener Körper dar. Die Concentration bedingt hohe osmotische Saugung und eine Kraftquelle für die elastische Dehnung der Milchröhrenwand 77—79.	
2) Der Emulsionscharakter des Milchsaffes und die damit zusammenhängende Oberflächenvergrößerung . . . . .	79
Die Milchsäfte stellen häufig Gemische von plastischen Stoffen und sogenannten Excreten dar. Diese letzteren brauchen nicht nutzlos zu sein sondern könnten in Folge ihrer feinen und feinsten Vertheilung und der damit zusammenhängenden Oberflächenvergrößerung in das chemische Getriebe eingreifen 79.	

## II. Der Schleimsaff.

Der Schleimsaff in den Schleimröhren der Monocotylen.	83
A. Histologisches über den Inhalt der Schleimröhren . . . . .	83

— VIII —

	Seite
1) Ueber Plasma und Kern . . . . .	83
Die Untersuchungen HANSTEIN's und JOHOW's über die Schlauch- gefäße von Liliaceen, Amaryllideen und Commelynaceen 83 — Eigene Beobachtungen 84 — <i>Dichorisandra ovata</i> hort. und andere Pflanzen 85 — Die Fadenkerne und Fadenknäuelkerne von <i>Lycoris</i> <i>radiata</i> HERB. und anderer Amaryllideen 86.	
B. Chemisches über den Schleimsaft. . . . .	89
1) Die Reaction des Schleimsaftes . . . . .	89
2) Vorkommen von Calcium, Magnesium, Chlor, Nitraten und Phosphaten . . . . .	90
3) Eiweiss, Stärke, Glykose, Gerbstoffe . . . . .	91
Eiweisskrystalloide bei <i>Nerine</i> -Arten. <i>Dichorisandra ovata</i> hort. Sonstiges Vorkommen von Eiweiss 93 — Stärke bei <i>Lycoris radiata</i> HERB. 94 — Glykose kommt sehr häufig vor, Gerbstoffe selten 94.	
4) Ein neuer Körper: Luteofilin . . . . .	94
Sein Vorkommen im Schleimsaft von <i>Clivia nobilis</i> hort. 94 — Eigenschaften des Körpers, seine Reactionen 95 — Die Filzreac- tion 96 — Verbreitung des Luteofilins 99 — Die Schleimröhren bilden seinen Hauptsitz 101 — Makrochemische Untersuchung 101 — Ueber das massenhafte Auftreten einer krystallisirenden Substanz im Schleimsaft von <i>Hemerocallis</i> 103 — Ebenso bei <i>Tradescantia</i> <i>zebrina</i> 103 — Bemerkungen über Function des Schleimsaftes 104.	

Anhang.

Die Aloëharzbehälter . . . . .	105
Ihre Anatomie 105 — Die Riesenkerne der Aloëzellen 106 — Die Haut der Kerne. Die Kerne erscheinen oft wie eingekapselt 107 — Der Aloësaft 107 — Nachweis des Aloëins. Auskrystallisiren des- selben direct unter Deckglas. Nachweis des Aloëins mit Salpeter- säure und Bromdampf 108 — Röthung des Aloëinsaftes an der Luft 110.	



## Einleitung.

Die Litteratur über die Milchsafthälter der Pflanzen ist bereits ziemlich gross<sup>1)</sup>. Doch gilt der grösste Theil der Arbeiten in erster Linie dem Baue und der Entwicklung der Milchröhren, ein kleiner Theil der Untersuchungen steuert auf die Lösung der Frage nach der Function des Milchsafte hin, über den Bau und die Chemie des Milchsafte aber finden sich nur relativ wenige Arbeiten, meist nur zerstreute Bemerkungen und vereinzelte Analysen vor, gewiss hat man bisher dem Milchsafte nicht jene Aufmerksamkeit geschenkt, die er meines Erachtens verdient.

Von der Ueberzeugung ausgehend, dass die nur theilweise gelöste Frage nach der Function des Milchsafte erst dann geklärt und anderes damit Zusammenhängende aufgedeckt werden kann, wenn wir über den Bau des Milchröhreninhaltes und über seine Zusammensetzung genauer unterrichtet sein werden, habe ich in der vorliegenden Studie den Saft in den Vordergrund gestellt und auf diesen meine Aufmerksamkeit concentrirt, ohne aber dabei den Bau der Behälter ausser Acht zu lassen.

Meine Vorgänger untersuchten, da es sich ja zumeist um die Feststellung anatomischer Thatsachen bezüglich der Milchröhren handelte, gewöhnlich Alkoholmaterial oder Macerationspräparate, die durch Behandlung warmer oder kalter Kalilauge gewonnen worden waren. Unter solchen Umständen bot sich der Milchsafte in ge-

---

1) Vergl. besonders DE BARY, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane, Leipzig 1877, S. 191. G. HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie, Leipzig 1896, S. 291. W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie, Bd. 1, 2. Aufl., 1897, S. 593 und H. SOLEREDER, Systematische Anatomie der Dicotyledonen, Stuttgart 1899.

ronnener oder sonst geänderter Form dar, er liess von seinem Bau und seinen einzelnen Bestandtheilen wenig oder gar nichts erkennen und wurde deshalb gewöhnlich als „Gerinnsel“ bei Seite geschoben und keiner weiteren Beachtung gewürdigt.

Viele von meinen in dieser Schrift niedergelegten Resultaten glaube ich dem Umstande zuschreiben zu müssen, dass ich nicht bloss fixirtes und gefärbtes Material, sondern stets auch möglichst frisches untersuchte, d. h. entweder den Milchsaft, wenn möglich noch in den einigermassen intacten Milchröhren prüfte, oder sogleich nach seinem Ausflusse, also in möglichst unverändertem Zustande. Es ist dies von grosser Wichtigkeit, da der Milchsaft eine ausserordentlich complexe Zusammensetzung aufweist und häufig aus sehr labilen, ungemein leicht veränderlichen Körpern besteht, die durch ihre Veränderung vieles in histologischer Beziehung Interessante zu verschleiern vermögen.

Ohne den grossen methodischen Werth der mit den Hilfsmitteln der modernen mikroskopischen Technik behandelten „Leichenpräparate“ im Mindesten zu verkennen, glaube ich doch, dass derzeit auf die directe Untersuchung des Lebendigen viel zu wenig Gewicht gelegt wird, ein Umstand, den auch A. FISCHER vor kurzem mit Recht betont hat<sup>1)</sup>.

Die von HANSTEIN entdeckten Schlauchgefässe der Amaryllideen, Liliaceen und Commelynaceen bieten mancherlei Analogien mit den Milchröhren, sie wurden daher gleichfalls auf ihren Inhalt einer Prüfung unterzogen, wie aus dem zweiten Theil dieser Schrift über Schleimsaft zu ersehen ist.

Meine über den Bau und die Chemie des Milch- und Schleimsaftes gewonnenen Ergebnisse dürften manche Anknüpfungspunkte für die Lehre von der Function dieser beiden Säfte geben, nichts destoweniger bin ich auf diese Frage in diesem kleinen Buche nicht näher eingegangen, da ich eingesehen habe, dass hierzu specielle, häufig lange Zeit in Anspruch nehmende Experimente nothwendig sind, die noch nicht zum Abschlusse gelangt sind und daher den Inhalt einer späteren Abhandlung bilden sollen.

---

1) A. FISCHER, Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasmas, Jena 1899.



## I. Milchsaft.

### A. Die lebenden Theile des Milchröhreninhaltes.

#### 1. Plasma und Kern.

Die älteren Anatomen waren der Meinung, dass die Milchröhren des Protoplasmas und der Kerne entbehren. Zwar hatte schon HANSTEIN<sup>1)</sup> die Vermuthung ausgesprochen, dass den Milchsaftgefäßen ein Plasmakörper zukommen dürfte, und auch DE BARY<sup>2)</sup> meint, dass vielleicht spätere Untersuchungen einen Protoplasmakörper erweisen werden, allein indem er die einschlägigen Untersuchungen zusammenfasst, sagt er wörtlich: „Innerhalb der Wand sind weder Protoplasma noch Zellkerne zu erkennen. Allerdings haben manche geronnene feinkörnige Milchsäfte, z. B. die der Cichoriaceen, mit geronnenem Protoplasma Aehnlichkeit, oder es bleibt in theilweise entleerten Röhren nach Einwirkung von Alkohol, Jodlösung u. s. w. streckenweise ein Wandbelag, welcher einer geronnenen protoplasmatischen Wandauskleidung gleicht. . . . Bei der Schwierigkeit, zur Erkennung eines solchen scharfe anatomische Merkmale zu finden, und den dormaligen mangelhaften Kenntnissen, welche wir sowohl über die Anatomie als Physiologie und Chemie der Milchsäfte besitzen, können diese jedoch für nichts anderes als Flüssigkeiten betrachtet werden.“

Der erste, welcher auf das Vorkommen von Kernen und zwar zahlreichen Kernen in Milchröhren aufmerksam machte, war TREUB<sup>3)</sup>. Sowie er in den Bastzellen von *Humulus Lupulus*, *Urtica dioica* und *Vinca minor* regelmässig mehrere Kerne auffinden konnte, so gelang ihm dies auch für die Milchröhren von *Ochrosia coccinea*, *Vinca*

1) J. HANSTEIN, Ueber die Bewegungserscheinungen des Zellkerns in ihren Beziehungen zum Protoplasma, Sitzungsber. der niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde in Bonn, Sitzung vom 19. Dez. 1870, S. 222.

2) DE BARY, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane etc., Leipzig 1877, S. 191.

3) M. TREUB, Sur la pluralité des noyaux dans certaines cellules végétales, Comptes rendus, 1879, T. 89, p. 494.

minor, *Cyrtosiphonia spectabilis*, *Plumiera alba*, *Hoya*, *Gomphocarpus angustifolius*, *Stapelia ciliata*, *Euphorbia* und *Urtica dioica*.

Legte schon der Nachweis, dass die Milchröhren der Euphorbiaceen, Urticaceen und Asclepiadeen riesig grosse, sich vielfach verzweigende und mit der Pflanze weiterwachsende Zellen sind, den Gedanken nahe, dass sie in Folge dessen auch einen Plasmakörper enthalten dürften, so wurde dies mit der Entdeckung der Kerne in den Milchröhren der genannten Pflanzen fast zur Gewissheit. Denn überall, wo man bisher Kerne aufgefunden hat, hat man dieselben im Plasma eingebettet gesehen, und so war dies für die Milchröhren von vornherein anzunehmen. Den Beweis dafür hat, im Anschluss an die Untersuchungen von JOHOW<sup>1)</sup> über die gegliederten Milchröhren von *Anthurium*, E. SCHMIDT<sup>2)</sup> gebracht, indem er in den Milchsaftgefässen der Cichoriaceen, Campanulaceen, Lobeliaceen, Papaveraceen, Papayaceen und Aroideen nicht nur Kerne, sondern auch den die Innenwand der Milchröhren auskleidenden Plasmanschlauch aufzufinden vermochte. Er zeigt, dass sich ein Protoplasmakörper in den Milchröhren aller eben genannten Familien findet, und zwar bis in die ältesten Stadien hinein.

Zu meinen eigenen Beobachtungen übergehend, will ich gleich bemerken, dass ich mich ebenfalls bei den Milchröhren vieler Pflanzen von der Gegenwart eines die innere Oberfläche des Milchsaftbehälters auskleidenden Plasmaschlauchs und der darin eingebetteten Kerne überzeugt habe.

Ein in mehrfacher Beziehung höchst lehrreiches Beispiel bieten die Milchzellen der Euphorbiaceen, z. B. die von *Euphorbia splendens* BOJ. Auf Quer- und Längsschnitten durch den lebenden Stengel wird man sich vergeblich abmühen ins klare zu kommen, da der Milchsaft aus den angeschnittenen Milchzellen rasch ausfliesst, in den Schnitten entweder in Folge dessen kein Milchsaft vorhanden ist oder die natürliche Lagerung von Saft, Plasma, Kern und Stärkekörnern vollständig aufgehoben ist und Alles verworren durcheinander liegt. Anders liegt jedoch die Sache bei in absolutem Alkohol gehärtetem Materiale. Stengelquerschnitte lassen, wenn noch mit Jodjodkaliumlösung behandelt, in zahlreichen von Milchsaft befreiten Milchröhren ganz deutlich den braungefärbten Plasmanschlauch erkennen, der der dicken Wand entweder noch

1) FR. JOHOW, Untersuchungen über die Zellkerne in den Secretbehältern und Parenchymzellen der höheren Monocotylen, Bonn 1880, S. 29.

2) E. SCHMIDT, Ueber den Plasmakörper der gegliederten Milchröhren, Botan. Zeitung, 1882, S. 435.

vollends anliegt oder sich davon gleich einem röhrenförmigen Sack abhebt (Fig. 1  $pp_1$ ).

Von Wichtigkeit ist, dass die stab- oder schenkelknochenförmigen Stärkekörper, soviel ich gesehen habe, ausschliesslich in oder an der Wand des Plasmasackes sich befinden und nicht im Milchsafte, und ferner, dass sie sämtlich gerichtet erscheinen, d. h. genau oder annähernd parallel zur Längsaxe des dazu gehörigen Milchröhrenstückes liegen. Daher sieht man die stabförmigen Stärkekörper auf gut ge-

Fig. 1.

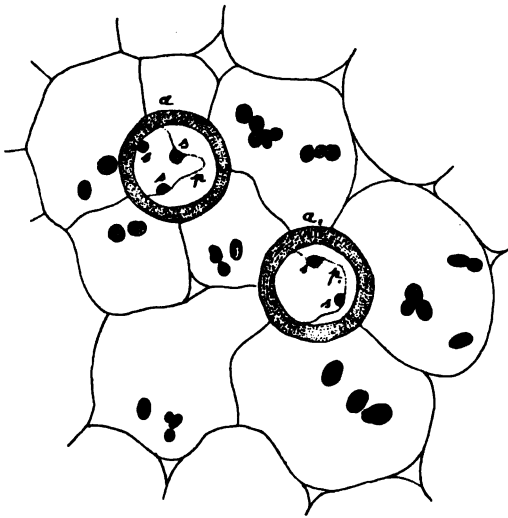


Fig. 2.

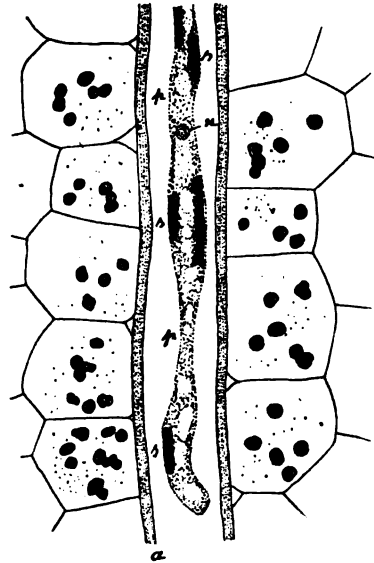


Fig. 1. Querschnitt einer Rindenpartie von *Euphorbia splendens* Boj. Alkoholmaterial.  $aa_1$  Milchröhren,  $pp_1$  Plasmaschlauch mit den Stärkekörpern. Vergr. etwa 250<sup>1)</sup>.

Fig. 2. Dasselbe Object im Längsschnitt. Die dem Plasmaschlauch  $p$  angehörenden Stärkekörper  $s$  sind alle parallel zur Längsaxe der Milchröhre gerichtet.  $n$  Zellkern. Vergr.: Bei 300 gezeichnet und darnach etwas verkleinert.

führten Querschnitten nur als runde Gebilde (Fig. 1  $s$ ). Erst bei Verletzung der Milchzellen und beim Ausrinnen des Saftes wird diese Anordnung gestört und die Stärke in den Milchsafte hineingerissen. Auf Längsschnitten erscheint der Plasmaschlauch — wenn mit Jodjodkaliumlösung behandelt — gewöhnlich als ein bräunlicher

1) Viele in diesem kleinen Werke vorhandenen Figuren wurden von meinem verehrten Collegen, Herrn Prof. Dr. A. NESTLER getreu nach der Natur gezeichnet. Ich sage ihm hierfür meinen herzlichsten Dank.

geschrumpfter Schlauch (Fig. 2 *p*), in dessen Wand die Stärkekörper als blaue parallel zur Längsaxe der Milchröhre gelagerte Striche (Fig. 2 *s*) und auch die runden Kerne hervorstechen (Fig. 2 *n*).

Ein gutes Object für die Beurtheilung der Lagerung der Stärke im Plasmaschlauch ist auch die Euphorbiacee *Poinsettia pulcherrima* R. GRAH. Längsschnitte durch den lebenden Stengel zeigen in der Rinde viele Milchröhren, aus denen der Milch-

Fig. 3.

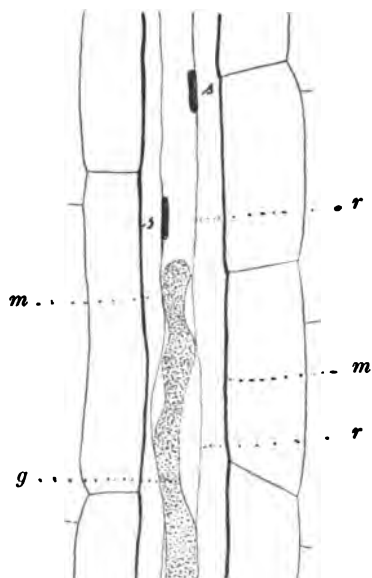


Fig. 4.

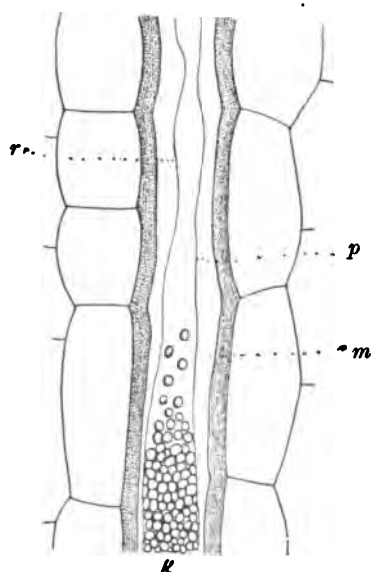


Fig. 3. Längsschnitt einer Rindenpartie von *Poinsettia pulcherrima* R. GRAH. *m* Milchröhre, *p* zum Theil von Milchsaft befreiter Plasmaschlauch mit 2 Stärkekörpern *s*, *g* Milchsaftgerinnsel. Vergr. etwa 250.

Fig. 4. Längsschnitt durch eine Blattstielpartie von *Ficus elastica* hort. *m* Milchröhre, *p* Plasmaschlauch, *k* Kautschukkkügelchen. Vergr. etwa 250.

saft ausgelaufen ist, in welchen aber der Plasmaschlauch mit den darin eingebetteten Stärkestäben und Kernen noch zurückgeblieben ist (Fig. 3). Man kann deutlich beobachten, wie die Stärkekörper in dem dünnen der Wand anliegenden Plasmaschlauch liegen und zwar parallel zur Längsaxe der Milchröhre (Fig. 3 *s*). In Jodglycerinpräparaten tritt der Plasmaschlauch mit aller nur wünschenswerthen Deutlichkeit hervor, da er sich von der Wand abhebt und eben dadurch viel prägnanter wird. Stellenweise liegt innerhalb des

Schlauches noch durch Farbe und Structur abweichendes Milchsaftgerinnsel (Fig. 3 g).

Auf Längsschnitten durch frische Blattstiele von *Ficus elastica*, die mit Jodjodkaliumlösung behandelt worden, sah ich gleichfalls an vielen Milchröhren, wo der Saft zum Theil ausgeflossen war, einen dünnwandigen Plasmasack, in dessen Höhlung die Kautschukkügelchen stecken (Fig. 4).

Bei *Musa* finden sich bekanntlich im Stamme, in der Blattscheide und in der Lamina nahe den Gefässbündeln Milchsaftbehälter, welche gewöhnlich als Milchsaftgefäße angesprochen werden<sup>1)</sup>. In sehr vielen Fällen hat man es wirklich mit Fusionen zu thun, allein häufig findet man auch in ausgewachsenen Organen die einzelnen Glieder durch Querwände noch von einander geschieden (*Musa chinensis* SWEET.). Ich stimme da mit den Angaben von G. SCHMIDT überein, der gleichfalls die stets offene Communication der einzelnen Glieder leugnet und mit Recht bemerkt: „In den einfachen Reihen der Zellen, welche durch die Auflösung ihrer Querwand die „Milchröhren“ bilden sollen, findet man nach kürzeren oder längeren Strecken stets Glieder, welche mit Sicherheit nicht in Communication mit ihren beiden Nachbarn oder doch nicht mit jeder derselben getreten sind. Es wird dies dadurch bewiesen, dass ein mit braunen Gerbstoffmassen erfülltes Glied convex in ein fast inhaltsloses anderes vordringt oder umgekehrt, und dann schon der Unterschied des Inhalts, ganz abgesehen von der Querwand, die Grenze der Glieder gegen einander scharf erkennen lässt<sup>2)</sup>.“

In Uebereinstimmung damit steht auch die Thatsache, dass es mir nicht selten gelang, mit Zuckerlösung Plasmolyse in einzelnen Gliedern hervorzurufen, während in den unmittelbar benachbarten, die durch das Messer geöffnet waren, dieselbe ausblieb.

Dass auch hier ein Plasmaschlauch den Milchsaft umschliesst, wird durch den Eintritt der Plasmolyse wahrscheinlich, mit Sicherheit aber erwiesen an Längsschnitten, die mit 1-proz. Salzsäure behandelt wurden. Man sieht dann in den Milchsaftbehältern, welche noch ziemlich hyalinen Saft enthalten, den Plasmawandbeleg als einen dünnhäutigen Schlauch erhalten, dessen ganzes Aussehen und Verhalten für seine plasmatische Natur spricht. In solchen Präparaten erscheint der Plasmawandbeleg von der Querwand nicht selten scharf kuppenförmig abgehoben, wieder ein deutlicher Beweis, daß er sich

1) DE BARY, l. c. S. 451.

2) E. SCHMIDT, l. c. S. 455—456.

nicht immer von Glied zu Glied continuirlich fortsetzt und die offene Communication zwischen den Gliedern zuweilen unterbleibt.

SCHMIDT<sup>1)</sup> kam bei seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass die Kerne der Milchsafthälter keine besonderen Unterschiede gegenüber den Kernen der benachbarten Zellen aufweisen. Nur bei *Carica Papaya* L. findet er die Kerne des Milchsaftes sehr klein, fast homogen und ohne Kernkörperchen. Klein sind die Kerne allerdings, allein bei sehr vielen lässt sich das Kernkörperchen unschwer deutlich machen, wenn man den Milchsafttropfen mit wässerigem Anilinblau behandelt. Die Kerne quellen etwas darin, färben sich und das Kernkörperchen tritt dann als dunkelblauer Punkt scharf hervor.

Indem ich nun den Kernen der Milchröhren meine besondere Aufmerksamkeit zuwendete und dieselben nicht bloss in fixirtem und tingirtem, sondern, wenn nur irgend möglich, auch in lebendem Zustande untersuchte, was bei meinen Vorgängern nicht der Fall war, gelang es mir im Gegensatze zu SCHMIDT zu zeigen, dass gerade die Kerne der Milchsafthälter sich häufig von den benachbarten Zellen unterscheiden und zwar in sehr auffälliger Weise. Ich entdeckte hierbei eine neue Art von Zellkernen, welche bisher meines Wissens weder im Pflanzen- noch im Thierreiche beobachtet worden sind, die ich bereits vor kurzem als „Blasenkerne“ beschrieben<sup>2)</sup> und auf die ich hier mit ergänzenden Untersuchungen noch einmal eingehen muss.

#### Die Blasenkerne im Milchsafte von *Musa*, Aroideen und anderen Pflanzen.

Wenn man die Blattscheide, die Blattspreite oder ihre Mittelrippe bei *Musa chinensis* SWEET. oder einer anderen Art anschneidet, so tritt milchig getrübter Saft hervor, der den Milchsaftegefässen entfließt. Dieser Saft war bisher, obwohl er von hervorragenden Anatomen wie TRÉCUL, HUGO VON MOHL, UNGER u. A. untersucht und auf seine Bestandtheile hin geprüft wurde, ganz oberflächlich bekannt. So wusste TRÉCUL<sup>3)</sup> ungefähr nur, dass sich der Musamilchsafte durch einen hohen Gerbstoffgehalt auszeichnet und dass darin ziemlich grosse bis 0,05 mm breite Kugeln (globules) vorkommen, die der Haupt-

1) E. SCHMIDT, l. c. S. 459.

2) H. MOLISCH, Ueber Zellkerne besonderer Art, Botan. Zeitung, 1899, S. 177—183.

3) M. A. TRÉCUL, Des vaisseaux propres et du tannin dans les Musacées, Annal. des sciences natur., sér. V, T. VIII (1867), p. 283.

masse nach aus Kautschuk bestehen sollten, die ich aber wenigstens der Hauptmasse nach für Fettkugeln halte.

Der Milchsaft von *Musa* gehört nach meinen Erfahrungen zu den anatomisch interessantesten, die es giebt, weil er uns mit einer Reihe sehr wichtiger Inhaltskörper und wichtiger anatomischer That-sachen bekannt macht. Wie ich bereits an einem anderen Orte<sup>1)</sup> auseinander gesetzt habe, fallen im Milchsaft von *Musa* vier Dinge auf: 1) Zahlreiche Fettkugeln, 2) Eiweisskrystalle, 3) Ballen von harz-artigem Aussehen, und 4) die Blasenkerne. Indem ich mir vorbe-halte, in dieser Schrift auf die drei ersten Bestandtheile am passenden Orte zurückzukommen, will ich hier ausschliesslich die Kerne be-handeln.

#### Blasenkerne

von *Musa*. Man kann sich solche Kerne am raschesten verschaffen, wenn man mittelst einer Scheere die Blattspreite parallel zum Blattrande rasch durchschneidet. Es quellen dann nach kurzer Zeit aus den Milchsaft-gefässen klare oder et-was milchig getrübte

Tröpfchen hervor, die zahlreiche Blasenkerne aufweisen. Diese Kerne sehen so aus, als ob sie in einer relativ grossen Saftvacuole liegen würden (Fig. 5).

Kern und Vacuole bilden zusammen entweder eine Kugel, in welcher der Kern excentrisch der Innenfläche aufgelagert ist (Fig. 5 *a*), oder der Kern rückt aus der Peripherie der Kugel etwas heraus, doch so, dass immer noch ein Theil in das Innere der Kugel hineinragt (Fig. 5 *b*), oder die Grenze zwischen Blase und Kernsubstanz bildet den Durchmesser; endlich kommt der Fall auch gar nicht so selten vor, dass die Blase sich an zwei entgegengesetzten Seiten des Zellkerns auswölbt, ähnlich den beiden Luftsäcken bei den Pollen-körnern der Föhre (Fig. 5 *c*) oder sogar an drei Stellen. So kommen 2 und 3 blasige Kerne zu Stande. In den Saftvacuolen einzelner Kerne finden sich dieselben eiweissartigen Krystalle, wie in den später zu beschreibenden Eiweissvacuolen (Fig. 5 *d d*<sub>1</sub>).

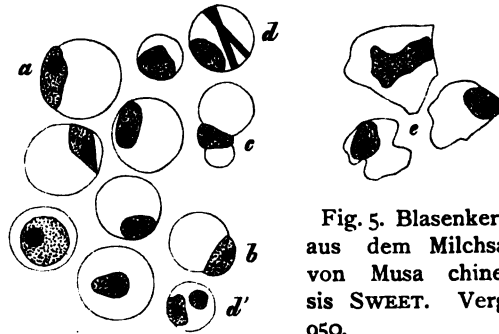


Fig. 5. Blasenkerne aus dem Milchsaft von *Musa chinensis* SWEET. Vergr. 950.

1) H. MOLISCH, l. c. S. 178.

Auf den ersten Blick macht es den Eindruck, als ob der Kern in einer grossen Saftvacuole liege, allein bei genauerer Untersuchung ergibt sich, dass nicht der Kern in der Vacuole, sondern umgekehrt die Vacuole in dem Kerne sich befindet, den Raum zwischen Kernsubstanz und Kernmembran ausfüllend. Diese Kerne entstehen offenbar so, dass irgendwo an der Grenze zwischen Kernsubstanz und Kernhaut sich eine Vacuole bildet, die im Verhältniss zur Kernsubstanz stark anwächst und in Folge dessen die Kernhaut blasenartig auftreibt, wobei die eigentliche Kernsubstanz auf ein kleines Volum flach zusammengedrückt wird. Die Richtigkeit dieser Anschauung geht auch daraus hervor, dass es mitunter gelingt, andere normal aussehende Kerne in Blaskerne umzuwandeln, wofern man zu denselben langsam Wasser zufließen lässt. So bilden lebende Kerne aus dem Schleimsaft des Blüthenschaftes von *Clivia miniata* REGEL, wenn man ihnen Gelegenheit giebt, unter dem Deckglase langsam Wasser aufzunehmen, zwischen Kernsubstanz und Kernhaut einen grossen Saft Raum aus, der die Kernmembran so stark auftreibt, dass ein Blaskern zu Stande kommt. Aehnlich wie die Cliviakerne verhalten sich die Kerne im Milchsafte des Hopfens. In dem frisch aufgefangenen Tropfen kann man sehr zahlreiche rundliche oder schmale, gerade oder winkelig gestreckte, an beiden Enden zugespitzte Kerne wahrnehmen, von denen namentlich die runden bei langsamem Zufluss von Wasser sich in Blaskerne verwandeln.

Da es, wie eben gezeigt wurde, gelingt, aus gewöhnlichen Kernen Blaskerne zu erzeugen, so erwacht der Verdacht, dass auch die Blaskerne von *Musa* nichts Normales sind, sondern erst ausserhalb der Pflanze im Milchsafttropfen nach einiger Zeit entstehen. Dagegen sprechen folgende Umstände. Wenn man die aus den Milchsaftegefässen entfliessenden Tröpfchen unmittelbar nach ihrem Erscheinen sofort untersucht, findet man immer die Blaskerne schon vor. Ebenso, wenn man die Tröpfchen sofort in Fixierungsmittel (1-proc. Osmiumsäure, Jodjodkaliumlösung oder Pikrinsäure) einfliessen lässt oder das Blatt in einer Schale in diesen Flüssigkeiten durchschneidet. Wird ein Blattspreitenstück parallel zum Rande, also senkrecht zu den Seitennerven abgeschnitten mit der Schnittfläche unmittelbar darauf in einen grossen Tropfen Jodjodkaliumlösung getaucht und unter sanftem Druck über den Objectträger hinweggezogen, so tritt nicht selten der Inhalt einzelner Milchsaftröhren in Form einer längeren Wurst heraus, um welche der Plasmasack, weil er seine Lage gegen den erstarrten Milchsafte nicht geändert hat, eine Hülle bildet. In dieser Hülle kann man ganz deutlich die



Blasenkerne und die erwähnten Eiweissvacuolen wahrnehmen, auch lässt sich an solchen Präparaten feststellen, dass oft mehrere Kerne auf ganz kleinem Areal knapp neben einander liegen, dass also einem Gefässglied sicherlich mehrere, häufig sehr viele Kerne entsprechen. Die Saftblase — im Durchmesser zumeist etwa 13—17  $\mu$  breit — erscheint bei den Musakernen in blassröthlicher Farbe, ganz so wie die zarten Tüpfelhäute der Zellmembranen, und durch diese Farbe hebt sich der Kern scharf von dem ihn umgebenden Milchsafte ab. Kernsubstanz und Vacuole sind gegen einander fixirt, jener schwimmt nicht frei in der Vacuolenflüssigkeit herum, sondern sitzt der Innenwand der Kugel excentrisch auf. Die Kernsubstanz ist an der Blase gewöhnlich mehr oder minder flach, mitunter sogar hautförmig ausgebreitet und bildet in solchen Fällen nur einen Bruchtheil des Kernvolums.

Man kann sich leicht davon überzeugen, dass die Saftvacuole sehr rasch und viel Wasser aufzunehmen vermag, wobei die Kerne bezw. die Blase um ein Bedeutendes anschwillt. Zu diesem Zwecke empfiehlt es sich, zu den Kernen unter dem Deckglas das Wasser langsam und in nicht zu grosser Menge zufließen zu lassen.

Die gegen die Saftblase scharf abgesetzte Kernsubstanz erscheint etwas granulirt und enthält meist einen Nucleolus. Der Kern erfährt alsbald ausserhalb der Pflanze Veränderungen, denn schon nach wenigen Minuten bis  $1\frac{1}{2}$  Stunde sieht man die früher ganz prallen Saftblasen zusammensinken (Fig. 5 e). Durch wasserentziehende Mittel, wie 10-proc. Kochsalz-, Magnesiumsulfat- und Zuckerlösung kann das Schrumpfen gleichfalls hervorgerufen werden.

Bei *Musa Martini* hort., von welcher Art ich Gelegenheit hatte etwa 30—40 cm hohe Exemplare zu untersuchen, finden sich Blasenkerne von geradezu typischer Ausbildung, sehr zahlreich im Milchsafte der Blattspreite, in geringer Menge im Safte der Blattscheide und Blattmittelrippe.

Von *Musa Ensete* BRUCE untersuchte ich 30—50 cm und 1—1 $\frac{1}{2}$  m hohe Pflanzen und fand auch hier typische Blasenkerne von der beschriebenen Art, doch auch solche, bei welchen die Vacuole von der dünnhäutig entwickelten Kernsubstanz grossentheils umhüllt war, die Saftblase also mehr central lag. Derartige Kerne unterscheiden sich von normalen benachbarten Zellen sofort durch ihr Lichtbrechungsvermögen, sie erscheinen in röthlicher Interferenzfarbe ähnlich so wie Vacuolen.

Blasenkerne der Aroideen. Solche Kerne, im Wesentlichen so gebaut wie bei *Musa*, kommen auch bei zahlreichen Aroi-

deen vor. Indem ich auf die darüber von mir veröffentlichten Beobachtungen<sup>1)</sup> hinweise, will ich nur die Namen derjenigen Aroideen angeben, welche Blasenkerne im Milchsafte besitzen. Es sind dies: *Philodendron cannaefolium* SCHOTT, *Ph. tannyphyllum* SCHOTT, *Ph. Vetterianum*, *Xanthosoma Maximilianum* SCHOTT, *Richardia aethiopica* KUNTH, *Aglaonema commulatum* SCHOTT.

Neuerdings konnte ich neben sehr saftreichen Kernen auch Blasenkerne feststellen bei *Zantedeschia cordata* C. KOCH und *Alocasia caledonica* hort.

Hingegen enthielt der Milchsafte von *Dieffenbachia Sequine* SCHOTT sehr viele rundliche Kerne von gewöhnlichem Aussehen, aber keine Blasenkerne.

Dass Blasenkerne nicht bloss auf monocotyle Pflanzen beschränkt sind, sondern auch im Milchsafte dicotylar vorkommen können, geht aus ihrem bereits von mir früher nachgewiesenen Vorkommen beim Hopfen hervor.

Mit Rücksicht auf den auffallenden Bau der Blasenkerne liegt es nahe, die Frage aufzuwerfen, welche biologische Bedeutung der Blase zukommt. Da diese Frage, soweit ich sie überblicke, einer experimentellen Behandlung derzeit nicht zugänglich ist, will ich mich darüber nicht bestimmt aussprechen. Man könnte zwar daran denken, dass der Kern durch die Blase seine Wirkungssphäre vergrössert oder dass die Flüssigkeit der Blase, zumal sie mitunter Eisweisskrystalle führt, als Reservoir für gelöste Stoffe dienen mag, oder dass, wie ich mich früher in reservirter Form vermuthungsweise aussprach<sup>2)</sup>, die Blase als Schwebevorrichtung fungiren dürfte, welche die Kerne vor dem Herabsinken innerhalb der Milchröhre bewahrt, aber wie wollte man dergleichen beweisen? Speciell die letzte Deutung hat an Wahrscheinlichkeit etwas eingebüsst, seitdem wir wissen, dass diese Kerne nicht im Milchsafte (im engeren Sinne) liegend zu denken sind, sondern im Plasmaschlauch stecken.

---

Soviel über die Blasenkerne, und nun sollen hier einige Beobachtungen über Milchsaftekerne anderer Pflanzen Platz finden.

Im Milchsafte aller von mir untersuchten Euphorbiaceen konnte ich ebenso wie TREUB Kerne nachweisen. Bei *Euphorbia lathyris* L. trifft man sie in grosser Menge neben oft Hunderten von Stärkebildnern, wenn man den Milchsafte tropfen ganz jungen,

---

1) H. MOLISCH, l. c. S. 181—182.

2) H. MOLISCH, l. c. S. 183.

noch zu einer Knospe zusammenschliessenden Blättern entnimmt. Sie sind ziemlich klein, kugelig, ellipsoidisch oder unregelmässig gestaltet, haben 1—2, mitunter sogar noch mehr Nucleolen von ziemlicher Grösse. Sie zeigen keine Granulirung und erscheinen trüb.

Die Milchsaftkerne aus älteren Organen, z. B. aus ausgewachsenen Stengeln, unterscheiden sich von diesen jungen Kernen durch ihre eigenthümliche Lichtbrechung, sie erscheinen, weil sie offenbar sehr saftreich sind, ähnlich wie die Vacuolen, ja wenn die Nucleolen nicht wären, würde man sie im lebenden Zustande für Vacuolen halten. Sie müssen sehr viel Saft und wenig Kernsubstanz besitzen<sup>1)</sup>, auch vermögen sie, wofern man an der Seite langsam das Wasser zufließen lässt, sich nicht selten in Blasenkerne zu verwandeln. Mit BOEHMER'schem Hämatoxylin färben sie sich leicht.

Bei *Euphorbia Characias* L., *E. maxillaris* L., *E. globosa* SIMS. und *Poinsettia pulcherrima* R. GRAH. lassen sich zwar Kerne im Milchsafte nachweisen, doch stellen diese Arten (im Winter untersucht) keineswegs ein so günstiges Untersuchungsmaterial dar wie *E. Lathyris* L., da die Kerne viel spärlicher auftreten. — L. BUSCALIONI<sup>2)</sup> konnte bei den Milchsaftkernen von *Euphorbia Cyparissias* Karyokinese beobachten, was mit den Beobachtungen von TREUB für die vielkernigen Milchzellen anderer Pflanzen übereinstimmt.

Ich möchte ferner aufmerksam machen auf die kleinen und eigenthümlich gestalteten Kerne im Milchsafte von *Brosimum microcarpum* SCHOTT.

Neben runden mit deutlichen Nucleolen versehenen Kernen finden sich hier solche, welche langgestreckt sind und dann entweder gerade verlaufen oder so gekrümmt sind, dass sie sich mit ihren Enden berühren und dann in ihrem Aussehen an gekrümmte Pflanzenembryonen lebhaft erinnern. Wie so häufig im Milchsafte erscheinen auch hier — dasselbe gilt von den *Cecropia peltata* L. — die Kerne oft von einer deutlich entwickelten Membran umhüllt, die namentlich bei Behandlung von 1-proc. Essigsäure sich blasenförmig abhebt.

Aus den angeführten Beispielen dürfte zur Genüge hervorgehen, dass die Ansicht von SCHMIDT, derzufolge die Kerne von Milchsaftebehältern gewöhnlich keine Besonder-

---

1) Aehnliche Kerne besitzt auch die Apocynee *Allamanda Schottii* HOOK.

2) L. BUSCALIONI, Osservazioni e Ricerche sulla Cellula vegetale, Estratto dall' Annuario del R. Istituto botanico di Roma, Vol. VII, 1898. Ein Referat darüber: Botan. Zeitung, 1899, S. 216.

heiten aufweisen, nicht richtig ist, sondern dass nicht selten gerade die Milchsafthkerne, wahrscheinlich ihrer Function entsprechend, sich durch ihren Bau, ihre Gestalt und insbesondere oft durch die Tendenz auszeichnen, sich mit einer deutlichen Haut zu umhüllen.

Im Anhang sei hier noch hingewiesen auf eigenthümliche Kerne, die ich bei *Tropaeolum* in bestimmten Elementen aufgefunden habe. Es ist eine, so viel ich weiss, bisher nicht bekannte Thatsache, dass *Tropaeolum majus* und andere Arten (*Tropaeolum tuberosum* (RUIZ e PAV.) beim Anstechen oder Anschneiden des nicht zu alten

Fig. 6.

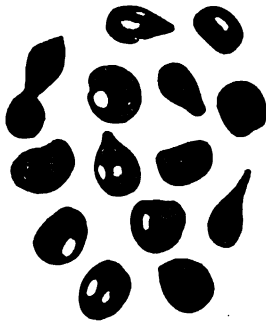


Fig. 7.

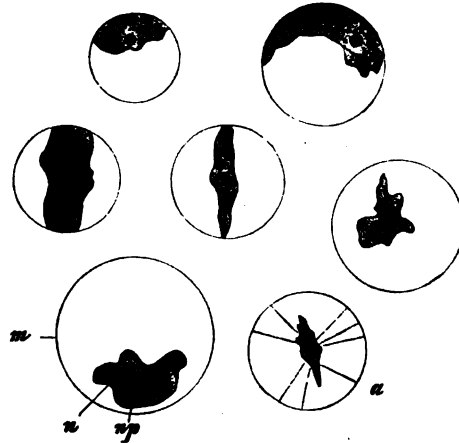


Fig. 6. Zellkerne ohne deutliche Haut aus dem Saft von *Tropaeolum majus* L. Vergr. etwa 360.

Fig. 7. Zellkerne mit deutlicher Haut und zurückgezogenem Nucleoplasma aus dem Saft von *Tropaeolum majus* L. Vergr. etwa 360. *m* Kernmembran, *np* Nucleoplasma, *n* Nucleolus.

Stammes, des Blattstiels oder beim Durchschneiden der Blattspreite ziemlich klare Tropfen austreten lassen, die sich an der Luft alsbald milchig trüben.

Dieser Saft stammt aus ziemlich weitlumigen im Xylem liegenden Schläuchen, die Kerne und Plasma enthalten <sup>1)</sup>.

1) Einer meiner Schüler, Herr stud. phil. GEORG IRGANG, ist mit einer eingehenden Untersuchung dieser Saftbehälter beschäftigt und wird in nicht ferner Zeit darüber berichten, ob dieselben Gefässzellen entsprechen wie beim Spargel — siehe S. 15—16 — oder Behälter eigener Art sind.

In einem frisch ausgeflossenen Tröpfchen des Saftes von *Tropaeolum majus* findet sich oft eine überraschend grosse Zahl von Kernen. Sie sind von zweierlei Art: Die einen rundlich, mit ein bis mehreren Nucleolen und nicht selten mit mehreren kleineren Körnchen, mit Kernsubstanz mehr minder gleichmässig erfüllt und ohne deutliche Kernhaut (Fig. 6).

Die anderen von meist kugelförmiger Gestalt mit auffallend deutlicher Kernhaut und von Kernsubstanz nur zum Theil erfüllt. Diese liegt entweder noch der Kernhaut an oder ist von derselben theilweise oder ganz abgehoben und im letzteren Falle central zusammengeballt (Fig. 7). Die Kernhaut tritt dann als ein selbstständiges scharf differenzirtes Organ in Erscheinung. Nicht selten bleibt die im Mittelpunkt zusammengezogene Kernsubstanz durch zahlreiche, radiär verlaufende, äusserst zarte Fäden mit der Kernhaut in Verbindung (Fig. 7 a). Solche Kerne erinnerten mich lebhaft an plasmolysirte Zellen, deren Plasma ja bekanntlich mit der Wand gleichfalls mitunter verbunden bleibt. Das Abheben des Nucleoplasmas von der Wand kann im Safttropfen oft direct verfolgt werden, ein Beweis, dass viele von derartigen Kernen erst ausserhalb der Pflanze ihre Kernsubstanz contrahiren. Innerhalb der intacten Pflanze liegen die Kerne im Plasmaschlauch, und erst beim Herausfliessen werden sie in den Zellsaft hineingerissen, wobei sie in Berührung mit diesem Veränderungen erleiden. Ob dies immer erst ausserhalb der Pflanze geschieht, oder ob nicht auch schon derartige Kerne mit contrahirtem Nucleoplasma in den unversehrten Zellen vorhanden sind, ist eine schwer zu entscheidende Sache.

Die Kerne sind sehr empfindlich, bleiben nur kurze Zeit lebendig und beginnen alsbald, während der Milchsafte sich trübt, zu schrumpfen <sup>1)</sup>.

1) Bei *Asparagus officinalis* hort. fand ich im jungen Stengel bisher nicht beschriebene grosse Schlauchzellen, welche einen deutlichen Plasmaschlauch, sehr grosse Kerne und reichlich klaren Saft enthalten.

Der Querschnitt des jungen Stengels zeigt eine Epidermis, darunter grünes Parenchym, an welches sich ein verholzter Bastring anschliesst. Unterhalb dieses liegen in grosser Zahl zerstreut Gefässbündel und in der Mitte des Stengels Markparenchym.

Die einzelnen Gefässbündel lassen gegen das Mark zu das Xylem und gegen die Rinde zu das Phloëm erkennen. Seitlich dem Phloëm angelagert liegen rechts und links oder auch darüber die weiten Schlauchzellen.

Bei Behandlung mit Phloroglucin und HCl hebt sich der Holzkörper durch seine rothviolette Färbung scharf von dem Phloëm und den weiten Schlauchzellen

## 2. Leukoplasten und Vacuolen nebst den darin entstehenden Körpern.

Die vorhergehenden Untersuchungen zeigen — und die folgenden werden dies noch mehr hervortreten lassen — dass eine Milchröhre, gleichgiltig ob sie zu den gegliederten oder ungegliederten gehört, mit einer Zelle unter Anderem auch insofern übereinstimmt, dass sie wandständiges Plasma und darin eingebettete Kerne führt. Und so wie das Cytoplasma einer gewöhnlichen Zelle, z. B. einer Parenchymzelle neben dem Kern noch andere plasmatische Einschlüsse enthalten kann, so ist dies auch bei den Milchröhren der Fall. Es war bereits seit längerer Zeit bekannt, dass in den Milchröhren der Euphorbiaceen Stärkebildner vorhanden sind, durch deren Vermittelung die

ab. An jedem Gefässbündel sind auf dem Querschnitte meistens 2, seltener 3 oder mehr Schlauchzellen angelagert.

Die weiten langen Schlauchzellen stossen mit schiefstehenden zarten Querwänden an einander. Jede besitzt einen riesigen Kern.

Wenn man einen jungen im Austreiben begriffenen Spross quer durchschneidet, so entquillt der Schnittfläche sogleich ein klarer Safttropfen, der zum grossen Theile aus den oben beschriebenen Schlauchzellen herrührt. In dem Tropfen fallen die überaus grossen und eigenartigen Kerne auf. Sie sind rund, unregelmässig gelappt oder verzweigt. Von dem riesigen runden, länglichen oder verzweigten Nucleolus laufen feine Plasmafäden zur Kernhaut aus, oft in so grosser Zahl, dass der Nucleolus wie in einem Strahlenstern von Nucleoplasmafäden aufgehängt erscheint. Die feinen Nucleoplasmafäden lassen sich schon am lebenden, noch deutlicher in 1-proc. Essigsäure fixirten Kernen beobachten. Es können übrigens auch mehrere (2—4) Nucleoli, grössere und kleinere in einem Kerne auftreten.

Die runden Kerne erreichen oft einen Durchmesser von 150—200  $\mu$ . Die verzweigten oder länglichen Kerne haben einen Durchmesser bis zu 264  $\mu$ , sie gehören daher zu den grössten bisher beobachteten Kernen und dürfen daher mit Recht als Riesenkerne bezeichnet werden.

Untersucht man ausgewachsene Stengel vom Spargel, so findet man an Stelle der beschriebenen Schlauchzellen Holzgefässe, d. h. die Schlauchzellen sind nicht anderes als die jungen Gefässzellen, die sich relativ spät zu Holzgefässen formiren. In Uebereinstimmung hiermit steht, dass die älteren Stengel unmittelbar nach Verwundung auch keinen Safttropfen mehr liefern. PIROTTA und BUSCALIONI haben in den jungen Zellen von *Dioscorea*, welche sich später zu Gefässen vereinigen, gleichfalls je einen ziemlich grossen Kern beobachtet, der, während die Zellen heranwachsen, zahlreiche karyokinetische Theilungen erfährt. (Sulla presenza di elementi vascolari multinucleati nelle Dioscoreaceae. Vergl. das Referat in der Botan. Zeitung, 1899, S. 280).

für diese Familie so charakteristischen stab- oder knochenförmigen Stärkekörper entstehen. Hier soll nun weiter gezeigt werden, dass die Stärkebildner nicht die einzigen Leukoplasten des Milchsafte sind, sondern dass noch andere hier auftreten können und in gewissen Milchsäften eine geradezu dominirende Rolle spielen, z. B. Leukoplasten, welche Fett oder Eiweiss abscheiden. Ferner wird bewiesen werden, dass auch Vacuolen, die wir ja ihrer Plasmahaut wegen gleichfalls zu den lebenden Gebilden rechnen müssen, bestimmte Einschlüsse ausbilden können, so Krystalle von Eiweiss und anderer Art. Der lebende Leukoplast, sowie das darin entstehende leblose Product hängen auf das Innigste zusammen, deshalb wird es sich auch empfehlen, beide zusammen zu behandeln.

Ich beginne zunächst mit der Stärke.

#### a) Stärke.

Bekanntlich hat CRÜGER <sup>1)</sup> die namentlich von A. F. W. SCHIMPER A. MEYER u. A. studirten Stärkebildner bei den Stärkekörnern zuerst wahrgenommen und als eine Art Uebergangssubstanz zur Stärke angesehen. Obwohl CRÜGER ausdrücklich sagt, dass diese dem Stärkekorn anhängende Schicht (der Stärkebildner) schwer aufzufinden ist, dass sie aber, wofern man ordentlich darnach sucht, gefunden werden kann, hebt er doch hervor, dass er bei den eigenartigen stab- oder knochenförmigen Stärkekörpern, welche den Milchsaft der meisten Euphorbiaceen auszeichnet <sup>2)</sup>, diese Schicht nicht auffinden konnte. Dies gelang zuerst POTTER <sup>3)</sup>. Er beschreibt die Stärkebildner von *Euphorbia splendens*, bildet sie ab und schildert die Entwicklung der Stärke in denselben. — Ich habe einige Beobachtungen gemacht, welche die POTTER'schen ergänzen und die hier ihren Platz finden sollen.

Bei *Euphorbia Lathyris* L. kann man zahlreiche, manchmal Hunderte junger Leukoplasten finden, wenn man den Milchsafttropfen

1) H. CRÜGER, Westindische Fragmente. 3. Fragm. Beitr. zur Stärkemehlkunde, Botan. Zeitung, 1854, S. 46.

2) Diese Stärkekörper wurden bei *Euphorbia*-Arten und *Hura crepitans* von RAFN 1798 (Entwurf einer Pflanzenphysiologie, S. 88—89) zuerst gesehen, ihre Zusammensetzung aus Stärke aber wurde erst von T. HARTIG 1835 erkannt.

3) M. C. POTTER, On the Development of Starch grains in the Lactiferous Cells of the Euphorbiaceae. The Journ. of the Linnean Society, Vol. XX, 1884, p. 446—450.

den noch zu einer Knospe zusammenschliessenden, sehr jungen Blättern entnimmt. Diese Leukoplasten oder Stärkebildner haben plasmatisches Aussehen und enthalten, abgesehen von der Stärke in seltenen Fällen, 1—2 einem Nucleolus ähnliche Kügelchen (Fig. 8 c). Sie sind entweder kreisrund, ellipsoidisch oder unregelmässig gestaltet (Fig. 8). Gewöhnlich liegt in dem jungen Leukoplasten, falls darin überhaupt schon Stärke gebildet wurde, ein dünner strichförmiger Stärkekörper, um welchen die plasmatische Grundlage des Leukoplasten ohne jedwede Präparation deutlich zu sehen ist. Ich habe jedoch häufig Stärke-

Fig. 8.



Fig. 9.

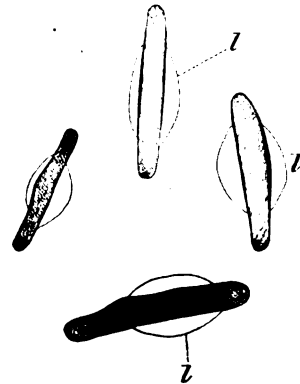


Fig. 8. Leukoplasten mit Stärkestäbchen aus dem Milchsaft von *Euphorbia Lathyris* L. Vergr. etwa 700. a Leukoplasten mit einem Stärkestäbchen; b Leukoplasten mit mehreren Stärkestäbchen.

Fig. 9. Ausgewachsene Stärkestäbe aus dem Milchsaft von *Euphorbia Lathyris* L. Vergr. etwa 600. Die die Stärkestäbe umgebenden und für gewöhnlich direct unsichtbaren Leukoplasten l haben sich in Folge von Wasseraufnahme aufgebläht.

bildner gesehen, welche 2—3, ja manchmal sogar noch mehr Stärkestäbe entwickeln (Fig. 8 b).

In dem Maasse, als das Stärkekorn wächst, wird der Leukoplast immer undeutlicher, bis er endlich bei den fast oder ganz ausgewachsenen Stärkekörpern gar nicht mehr vorhanden zu sein scheint. Allein es giebt ein einfaches Mittel, um ihn in vielen Fällen auch hier noch sichtbar zu machen. Es ist zu diesem Zwecke nur nöthig, das Wasser langsam einwirken zu lassen, was am besten in der Weise geschieht, dass man auf dem Objectträger ein frisches Milchsafttröpfchen neben ein Wassertröpfchen legt und dann auf beide das



Deckglas fallen lässt. In der Umgebung der Grenzschicht kann man nicht selten an den Stärkekörpern beobachten, wie der früher ganz unsichtbare Leukoplast in Folge von bedeutender Wasseraufnahme sich ellipsoidisch oder kugelförmig aufbläht (Fig. 9). Bei guter Beleuchtung hebt sich der Leukoplast dann ausserordentlich scharf ab, weil er in dem überaus feinkörnigen Milchsafte sich wie eine Vacuole ausnimmt, in welcher die Stärke eingebettet ist. Der Stärkebildner kann einseitig oder allseitig anschwellen, entweder nur in der Mitte des Stärkekörpers oder längs der ganzen Ausdehnung desselben. Nimmt der Leukoplast zu viel Wasser auf oder ist er mit Wasser zu lange in Berührung, so schrumpft er, vielleicht in Folge des Platzens seiner äussersten Haut oder weil er überhaupt abstirbt, und ist dann nicht mehr so deutlich zu sehen. Sehr gute Dienste leisteten mir beim Sichtbarmachen der Leukoplasten auch Anilinblau oder Säurefuchsin in sehr verdünnter wässriger Lösung, weil die äusserste Grenzmembran des aufgeblähten Leukoplasten hier ziemlich scharf hervortritt.

Der Umstand, dass der Leukoplast noch bei zahlreichen älteren Stärkekörpern deutlich sichtbar zu machen ist, spricht sehr für die Richtigkeit der Ansicht von A. MEYER<sup>1)</sup>, der zu Folge jedes Stärkekorn zeitlebens vom Chromatophor (in unserem Falle vom Stärkebildner) völlig umschlossen bleibt.

Der weisse, überaus reichlich ausfliessende Milchsaft von *Hura crepitans* L. enthält neben vereinzelt kleineren Zellkernen ebenfalls zahlreiche stab- und knochenförmige Stärkekörper, bei welchen ich sogar noch mit Jodjodkalium die Leukoplasten deutlich sichtbar machen konnte. Sie heben sich von der blauschwarzen Stärke durch ihre hellbräunliche Farbe scharf ab. Die ebenso gestalteten, sehr zahlreichen Stärkekörper von *Pedilanthus tithymaloides* POIT. lassen bei vorsichtigem Zufluss von Wasser gleichfalls die Stärkebildner leicht erkennen. Es sei schliesslich noch bemerkt, dass ich auf Java auch bei *Hippomane biglandulosa* AUBL. stabförmige Stärkekörper aufgefunden habe. Das Vorkommen von Stärke im Milchsaft ist jedoch nicht bloss auf die Euphorbiaceen beschränkt.

TRÉCUL<sup>2)</sup> fand in den Milchsaftbehältern von *Nerium Oleander* L. und *Cerbera manghas*, welche er mit siedender Kalilauge isolirte, eine Substanz, welche sich auf Zusatz von Jod bläute. Da er aber

1) A. MEYER, Untersuchungen über die Stärkekörner, Jena 1895, S. 167.

2) A. TRÉCUL, Matière amylacée et cryptogames amylières dans les vaisseaux du latex de plusieurs Apocynées. Comptes rendus, Paris, T. 61 (1865), p. 156.

die Stärkekörner direct nicht sah und da sich bei der angegebenen Procedur auch die Wand bläute, so folgt nicht ohne Weiteres daraus, dass die Bläuung von Stärke herrührt, ja TRÉCUL giebt die Möglichkeit sogar zu, dass die Substanz erst bei der Behandlung mit Kalilauge entstanden sein könnte.

Mit Hilfe von Jodchloralhydrat kann man sich leicht überzeugen, dass im ausgeflossenen Milchsafte von *Nerium* Stärkekörnchen vorhanden sind. Allein man könnte einwenden, dass diese nicht ursprünglich dem Milchsafte angehören, sondern aus aufgeschnittenen Zellen erst nachträglich in den Milchsafte hineingeriethen. Ich war daher bemüht, direct in isolirten Milchsaftegefäßen die Stärke zu erweisen und bei diesem Bestreben leistete mir die von O. RICHTER<sup>1)</sup> eingeführte Methode des Macerirens mittelst warmen Ammoniaks sehr gute Dienste, weil bei dieser Art des Isolirens die Stärkekörner erhalten bleiben. Nach dem Isoliren wird das Gewebe in Wasser ausgewaschen, hierdurch von Ammoniak befreit und dann mit Jodjodkalium behandelt. Die Stärkekörner sind dann innerhalb der Milchröhren sofort an der dunkelvioletten Farbe zu erkennen. Auch bei *Allamanda Schottii* HOOK. konnte ich in der angegebenen Weise Stärke in den Milchröhren nachweisen.

Nach der Ansicht von TH. HARTIG ist Stärke im Pflanzenmilchsafte eine sehr häufige Erscheinung. Er sagt: „Jetzt entdecke ich Stärkemehl durch Anwendung von Jodglycerin in den meisten Milchsäften, so lange diese noch in der unverletzten Milchröhre enthalten sind, in der die festen körnigen Körper zurückgehalten werden, wenn der Milchsafte aus Wunden sich ergiesst“<sup>2)</sup>.

Diese Angabe kann ich nicht bestätigen, da ich mein besonderes Augenmerk darauf gerichtet habe, und, abgesehen von den Euphorbiaceen, von *Nerium Oleander* und *Allamanda Schottii* (vergl. S. 27), während meiner Untersuchungen sonst nirgends Stärke auffinden konnte. Abgesehen von den erwähnten Pflanzen dürfte Stärke daher nur sehr selten in Milchsäften auftreten.

Speciell für den Milchsafte von *Chelidonium majus* giebt Th. HARTIG bestimmt Stärke an. Dieser Milchsafte weist zwar, wenn aus Wunden ergossen, mit Jodchloralhydrat zahlreiche kleine Stärkekörnchen auf, allein in den intacten Röhren von Gewebeschnitten konnte ich sie niemals finden, deshalb glaube ich, dass TH. HARTIG sich täuschen liess und die Stärkekörnchen, die aus den aufgeschnittenen Nachbar-

1) O. RICHTER, Ein neues Macerationsmittel für Pflanzengewebe. Oesterr. bot. Zeitschr., 1900, S. 5.

2) Botan. Zeit., 1862, S. 100.

zellen in den Milchsafte hinein gelangten, oder die den Milchröhren aufgelagert waren, diesem selbst zuschrieb. Eine Täuschung wäre hier um so leichter möglich, weil die Alkaloide des Milchsafte mit Jodpräparaten Fällungen in Form brauner oder schwarzer Kügelchen geben und mit Jodchloralhydrat im Milchsafte sternartige Krystallaggregate entstehen, welche eine blaugrüne Farbe besitzen.

#### b) Proteinkörner, Proteinkrystalle und andere Krystalle.

*Cecropia peltata* L., ein in den brasilianischen Urwäldern sehr verbreiteter Baum, ist den Botanikern namentlich wegen seiner merkwürdigen Ameisensymbiose, die uns besonders durch die ausgezeichneten Untersuchungen A. F. W. SCHIMPER's<sup>1)</sup> aufgedeckt wurden, bekannt geworden.

*Cecropia* verdient aber, wie ich finde, auch unser volles Interesse wegen seines Milchsafte, der ein Reservoir einer Unmasse von höchst eigenthümlichen Proteinkörnern darstellt.

Bei Verletzung des Stengels oder der Blattstiele tritt der Milchsafte in ziemlich klaren, wässerig aussehenden Tröpfchen hervor, welche nach einiger Zeit an der Luft zuerst eine schmutzig grünliche und schliesslich bräunliche Färbung annehmen.

Abgesehen von vielen runden oder länglichen Zellkernen enthält der Saft eine ungeheure Menge von rundlichen Gebilden, welche Stärkekörnern äusserlich ähneln. Sie erscheinen kreisrund, birnlinsen-, spindelförmig, biconvex, abgerundet, polygonal, sehr häufig abgerundet, viereckig oder ganz unregelmässig geformt (Fig. 10). Sie sind analog den Stärkekörnern entweder einfach oder zwei bis mehrfach zusammengesetzt (Fig. 10 a, b<sup>2)</sup>).

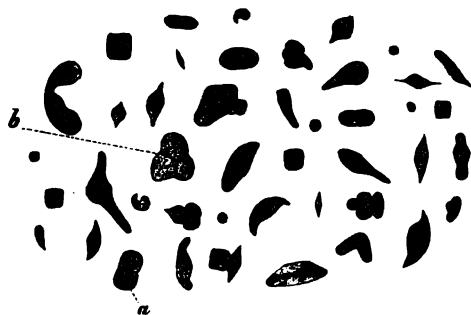


Fig. 10. Proteinkörner aus dem Milchsafte von *Cecropia peltata* L. Vergr. etwa 360. a zweifach, b dreifach zusammengesetztes Korn.

1) A. F. W. SCHIMPER, Die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen, Jena 1888. In den Botan. Mittheilungen aus den Tropen.

2) Diese Inhaltkörper hat bereits H. KARSTEN gesehen, ihre Natur aber hat er vollständig verkannt, denn er behauptet: „Neben den Bastbündeln be-

Ihre Grösse ist sehr verschieden. Die grossen und grössten messen 6—17  $\mu$  und von diesen Grössen bis zum kleinen Körnchen von Bruchtheilen eines Mikron finden sich alle Uebergänge vor.

Die Eiweisskörner entstehen nun nicht, wie man vielleicht vermuthen könnte, an beliebigen Orten des Saftes, sondern das Merkwürdige ist, dass ihre Entstehung an lebende Gebilde geknüpft ist, an Leukoplasten, die aber hier nicht Stärke oder Chlorophyll bilden, sondern festes Eiweiss<sup>1)</sup>. Von der plasmatischen Grundlage kann man sich leicht überzeugen, wenn man auf ein frisch aufgefangenes Milchsaftröpfchen das Wasser langsam einwirken lässt und mikroskopisch betrachtet. Man kann dann Schritt für Schritt die vollständige oder theilweise Lösung des Eiweisses und das Zurückbleiben des Leukoplasten beobachten. Häufig bläht sich der Leukoplast, bevor das Proteinkorn oder die Proteinkörner gelöst

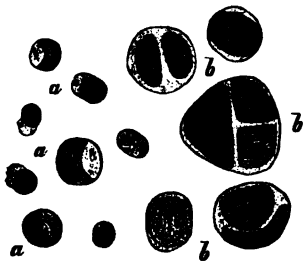


Fig. 11. Proteinkörner aus dem Milchsafte von *Cecropia peltata* L. Vergr. 700. *a* Proteinkörner, deren Proteinoplasten durch Wasserzufluss sich aufblähen und dadurch sichtbar werden. Der dunkle Theil entspricht dem Eiweisskorn, der hellere dem Proteinoplasten. *b* Zerfall der Proteinkörner in Stäbchen bei langsamem Wasserzufluss. Die helleren Partien stellen die Proteinoplasten dar.

sind, in Folge von Wasseraufnahme auf, so dass das Korn von einem schwach lichtbrechenden Hof umgeben erscheint (Fig. 11 *a*).

Auch sind im intacten, mit Wasser noch unvermischten Milchsafte mittelst Immersionssystemen die Leukoplasten, welche noch kein Protein gebildet haben oder erst zu bilden beginnen, unschwer direct zu finden, nicht selten sogar in Theilung.

Bei starker Vergrösserung erscheinen die Proteinkörner gewöhnlich homogen, selten annähernd parallel zu einem Durchmesser

finden sich besonders in dem jüngsten Rindengewebe einzelne Milchsaftfasern oder Zellen, die in einer trüben, an Faserstoff und Käsestoff reichen Flüssigkeit unregelmässige, plattenförmige Körperchen enthalten, welche, ihrem Verhalten gegen Säuren, Aether, Alkohol und Aetzkali gemäss, ein wachsartiger Stoff sind.“ H. KARSTEN, Gesammelte Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Bd. 1, S. 243. Ueber den Bau der *Cecropia peltata* LINN. (1851).

1) E. HEINRICHER hat jüngst Eiweisskrystalle in Leukoplasten bei *Lathraea Squamaria* beobachtet. PRINGSHEIM's Jahrb. f. w. Bot., 1900, Bd. 35, S. 45.

gestreift, es macht dann den Eindruck, als ob der Proteinkörper eine stäbchenartige Structur hätte. Ungemein häufig sieht man diese Structur, wenn das destillierte Wasser die Körner zu lösen beginnt, ganz besonders deutlich aber bei Behandlung mit durch Kalilauge oder Ammoniak alkalisch gemachtem Wasser: es zerfällt dann das aufquellende Korn oft in eine Anzahl gut sichtbarer Stäbchen (Fig. 10 b).

Innerhalb eines Leukoplasten können sich ein — der gewöhnliche Fall — oder zwei bis mehr rundliche, polygonale oder unregelmässige Eiweisskörner ausbilden; auf die letztere Weise entstehen die zusammengesetzten Proteinkörner.

Die Proteinkörner schrumpfen beim Eintrocknen bedeutend, lösen sich im Wasser ganz oder grösstentheils auf. Erwärmt man den Milchsaft bis zum Sieden oder behandelt man mit absolutem Alkohol, so werden sie stark lichtbrechend und sind nunmehr, weil sie coaguliren, nicht mehr im Wasser löslich.

Sie erweisen sich ferner unlöslich in absolutem Alkohol, Aether, Benzol, verdünnten Mineralsäuren (1-proc. Salz-, Salpeter-, Schwefelsäure) und in verdünnter Essigsäure.

Sehr verdünnte Kalilauge, sehr verdünntes Ammoniak oder Kalkwasser färben den Milchsaft gelb, machen die Proteinkörner quellen und bringen sie zum Verschwinden.

Sie färben sich bei gewöhnlicher Temperatur mit Anilinviolett, mit Jodjodkaliumlösung gelbbraun und mit Säurefuchsin nach Erwärmen roth.

Mit Salpetersäure nehmen sie nach einiger Zeit eine gelbe Farbe an, welche bei Zusatz von Ammoniak noch intensiver wird.

Sie geben die MILLON'sche und mit Zuckerlösung und Schwefelsäure prompt die RASPAIL'sche Reaction, wobei sie sich unter Aufquellung rosaroth färben.

Es kann also nach dem ganzen Verhalten dieser Körper keinem Zweifel unterliegen, dass wir es hier mit Proteinkörnern zu thun haben.

Bekanntlich lagert die Pflanze als Reservestoff Eiweiss in Form der sogenannten Aleuronkörner in den Samen häufig ab. Aber niemals wurde Eiweiss in Körnerform in Milchsäften bisher gefunden. Von den Aleuronkörnern unterscheiden sich unsere Proteinkörner, welche, nebenbei bemerkt, im Polarisationsmikroskope keine Aufhellung zeigen, dadurch, dass sie die gewöhnlichen Einschlüsse des Aleurons, Globoide und deutliche Krystalle, nicht enthalten und ausserdem in eigenen Leukoplasten, welche ich als Proteioplasten bezeichnen will, gebildet werden.



*Brosimum microcarpum* SCHOTT. Der nur wenig getrübbte Milchsafft erinnert in seiner Zusammensetzung sehr an den von *Cecropia peltata*, insofern er ebenfalls zahllose Proteinkörner führt. Diese sind kreisrund, eirund, biconvex, spindelförmig oder polygonal. Sie sind ebenso wie Stärkekörner einfach oder zwei bis mehrfach zusammengesetzt, in welchem letzteren Falle sie oft kleinen Hefecolonien ähnlich sehen. Sie erscheinen entweder homogen — dies ist der gewöhnliche Fall — oder sind von Linien durchzogen, die sich oft kreuzen und in vielen Fällen durch später auftretende Risse oder Sprünge, in anderen Fällen schon bei der Entstehung der Körner zu Stande kommen dürften.

Die Grösse der einfachen Proteinkörner schwankt zwischen Bruchtheilen eines Mikron bis etwa  $13\ \mu$ , die grossen zusammengesetzten messen nicht selten bis  $20\ \mu$ .

Im Wasser verschwinden sie nicht, erscheinen aber darin nach einiger Zeit corrodirt; behandelt man sie aber zuerst mit heissem Wasser oder mit Alkohol, so wirkt Wasser alsdann auf die nunmehr coagulirten Körner anscheinend nicht mehr ein.

Sie sind unlöslich in Alkohol, Aether, Benzol, verdünnten (1-proc.) Säuren (Salz-, Salpeter- und Essigsäure) und lösen sich in verdünntem Ammoniak und verdünnter Kalilauge. Sie speichern reichlich Fuchsin, Anilinviolett und Jod und geben prompt die Xanthoproteinsäure-, MILLON'sche und RASPAIL'sche Reaction.

Betrachtet man den Milchsafft bei starken Vergrösserungen (REICHERT's Immersion  $\frac{1}{12}$ ), so kann man sich überzeugen, dass die Proteinkörner in bestimmten plasmatischen Gebilden entstehen, in Proteinoplasten. Diese unterscheiden sich von den Kernen häufig durch ihr etwas fein granulirtcs Aussehen — die Kerne erscheinen mehr homogen — und das Fehlen von Nucleolen. Innerhalb der Leukoplasten entsteht das Eiweiss, und zwar entweder einseitig vom Rande oder mehr in der Mitte oder mehr gleichmässig im Innern des Leukoplasten. Selbst noch an fertig ausgebildeten Proteinkörnern sieht man mitunter seitlich oder rings herum als hellen Hof den Proteinoplasten.

In mehrfacher Beziehung ähnlich den Proteinkörnern von *Cecropia* und *Brosimum* sind die im gerbstoffreichen Milchsafte des Hopfens *Humulus Lupulus* L. vorkommenden farblosen Körner, welche kugelige oder biconvexe Gestalt haben. Sie sind entweder einfach oder 2—3 fach zusammengesetzt, färben sich mit Jodjodkalium braun, mit wässrigem Säurefuchsin roth und lösen sich im Wasser und Alkohol nicht. Ob sie aus Eiweiss bestehen, wage ich trotzdem

nicht zu entscheiden, da sie die Eiweissreactionen bald nicht, bald nur undeutlich geben <sup>1)</sup>).

Anschliessend an die Proteinoplasten von *Brosimum* und *Cecropia* sei hier aufmerksam gemacht auf die Leukoplasten, die ich im Milchsaft einer Aroidee, der *Steudnera colocasiaefolia* C. KOCH, entdeckt habe.

Ein aus dem Blattstiel frisch aufgefangenes Milchsafttröpfchen erscheint anfangs ziemlich farblos, wird aber an der Luft alsbald braun. Unterm Mikroskop bemerkt man im Saft 1) eigenthümlich biconvex erscheinende Gebilde von etwa 7—16  $\mu$ , die ich ihrem Aus-

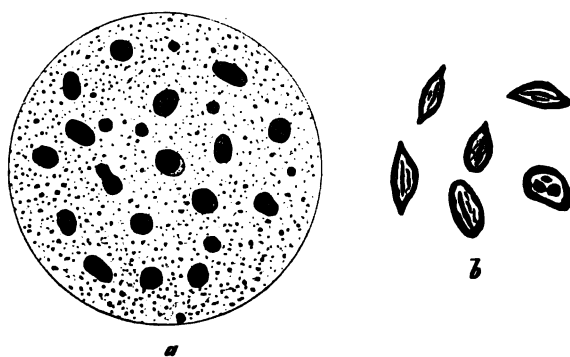


Fig. 12. a Leukoplasten in dem Milchsaft von *Steudnera colocasiaefolia* C. KOCH. b Eigenartige, geschrumpfte, Pollenkörnern ähnelnde Inhaltkörper ebenda. Vergr. etwa 900.

sehen nach mit kleinen geschrumpften Pollenkörnern (Fig. 12 b) vergleichen möchte und die sich auch bei der Aroidee *Alocasia nymphae-*

1) Obwohl ich in dieser Schrift die intercellulären Milchgänge (Harzgänge) nicht einbezogen habe, sondern nur die Milchröhren, möchte ich doch im Vorbeigehen, darauf hinweisen, dass in dem „Milchsaft“ von *Rhus*-Arten gleichfalls Krystalle vorkommen, die einer organischen Substanz angehören, welche im absoluten Alkohol unlöslich ist, sich mit Jodjodkalium deutlich gelb und mit MILLON'schem Reagens roth färbt.

Bei *Rhus Cotinus* L. stellen die Krystalle unregelmässige, abgerundete, sehr häufig fünfeckige Tafeln dar, die eine mittlere Breite von etwa 10—40  $\mu$  erreichen. Nach Behandlung mit MILLON'schem Reagens erweisen sich viele Krystalle deutlich geschichtet.

Bei *Rhus typhina* L. werden die Krystalle bedeutend grösser, bis etwa 90  $\mu$ . Sie sind auch hier häufig fünfeckig.

Hingegen sind sie bei *Rhus Toxicodendron* L. anders gestaltet als bei den beiden erwähnten Arten; sie weisen nämlich prismatische Formen auf, deren Länge häufig etwa 33  $\mu$  bei einer Länge von etwa 6  $\mu$  beträgt.

folia hort. neben vielen Vacuolen und Leukoplasten vorfinden; 2) Vacuolen; 3) runde oder unregelmässig gebildete, zuerst farblose, bald aber an der Luft braun werdende Gerbstoffklümpchen, die sich mit Eisenvitriol schmutzig blaugrün färben; 4) von vorn herein tiefbraune Kügelchen, und endlich 5) eine Unmasse von farblosen runden Leukoplasten. Diese sind gewöhnlich  $3-7\ \mu$  gross, kugel-eiförmig oder ellipsoidisch, nicht selten in Theilung begriffen. Sie sehen homogen aus oder enthalten ein oder wenige stark lichtbrechende Kügelchen (Fig. 12 a).

Bei langsamem Zufluss von Wasser blähen sie sich stark kugelförmig auf und lassen dann ihre plasmatische Natur nun erst recht erkennen. Mit Jodjodkaliumlösung färben sie sich braun, sie speichern verschiedene Farbstoffe auf und verschwinden dann in verdünntem Ammoniak. Stärke lässt sich darin nicht nachweisen.

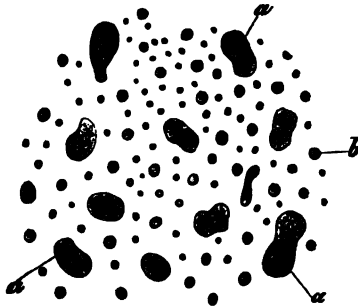


Fig. 13. a Inhaltskörper im Milchsafte von *Alocasia violacea* hort., b Milchsaftkügelchen. Vergr. etwa 300.

Bei Behandlung mit absolutem Alkohol coaguliren sie und quellen dann im Wasser nicht merklich auf.

Die Leukoplasten zeichnen sich dadurch aus, dass sie nach Einwirkung von Wasser oder Alkohol bei Luftzutritt mit Eisenvitriol eine schmutzig - blaugrüne Farbe annehmen. Da sie sich direct nicht oder äusserst schwach färben, die Gerbstoffreaction erst nach ihrer Desorganisation geben, bleibt es zweifelhaft, ob die Gerbstoffreaction thatsächlich von den Leukoplasten

ausgeht, indem vielleicht Gerbstoff erst aus einer Muttersubstanz beim Absterben entsteht, oder ob die Leukoplasten den Gerbstoff erst nach dem Absterben aus dem gerbstoffreichen Milchsafte aufnehmen. Für die erstere Möglichkeit spricht der Umstand, dass aus den im Wasser quellenden Leukoplasten mitunter an der Luft sich bräunende Kügelchen austreten und der Wand der Leukoplasten anhaften, welche Kügelchen deutliche Gerbstoffreaction aufweisen.

Im Anhang hierzu sei auf das Vorkommen von eigenthümlichen flachrunden Inhaltskörpern aufmerksam gemacht, die im Milchsafte mancher Aroideen (*Alocasia violacea* hort., *A. Maximiliana* hort., *Syngonium peliocladum* SCHOTT, *Caladium*-Arten) auftreten. Diese in der Fig. 13 abgebildeten Körper sind farblos, homogen oder gekörnt und im Mittel etwa  $10-14\ \mu$  lang. Bei Alo-



*casia violacea* hort. konnte ich an diesen Inhaltskörpern folgende Eigenschaften feststellen. Sie sind unlöslich in Wasser, absolutem Alkohol, und verschwinden auch nicht in Kalilauge, Ammoniak, Essigsäure, Salzsäure oder Salpetersäure.

In concentrirter Salpetersäure nehmen sie eine intensiv gelbe, in Zuckerlösung mit Schwefelsäure unter Aufquellung eine bräunlich-rote bis rosenrote und in MILLON'schem Reagens zuerst eine grünliche, später eine braune bis schwärzlichbraune Färbung an.

Wir haben es hier mit einem organischen Körper zu thun, der sich in manchen Punkten wie Eiweiss, in manchen aber anders verhält, über dessen Natur aber nichts Bestimmtes ausgesagt werden kann.

Eiweisskrystalle bei *Apocynen*. Der ziemlich klare Milchsaft von *Nerium Oleander* L. enthält kleine Kerne und neben zahlreichen kleinen Stärkekörnchen, von welchen schon auf S. 20 die Rede war, kleine leicht zu übersehende Kryställchen von Eiweiss. Diese imponiren bei erster oberflächlicher Betrachtung als Kügelchen, aber bei genauerer Durchmusterung derselben unter stärkerer Vergrösserung sind dieselben unschwer als Krystallformen zu erkennen. An den grösseren kann man mit aller Schärfe viereckige oder sechseckige Flächen erkennen.

Sie sind unlöslich in Wasser, Glycerin und Alkohol, löslich in verdünnter Kalilauge, färben sich mit Jodkalium gelb bis braun und mit Anilinblau blau. Sie geben die MILLON'sche Reaction. In mit Ammoniak isolirten Milchröhren lassen sich, nachdem das Ammoniak gewegewaschen oder mit Salzsäure neutralisirt worden, die Stärkekörner- und Proteïnkristalle direct mit Jodjodkaliumlösung deutlich machen, die Stärke färbt sich violett, die Krystalle färben sich braun.

In derselben Weise konnte ich mich von der Anwesenheit von Stärke und Proteïnkristallen in den Milchzellen von *Allamanda Schottii* Hook überzeugen. Bei dieser Pflanze lässt sich der Milchsaft, wenn der hervorquellende Tropfen sogleich in Jodjodkaliumlösung auf einem Objectträger unter sanftem Druck ausgezogen wird, leicht in Form einer wurstförmigen Masse ausziehen. Die Stärkekörner verrathen sich dann durch ihre dunkelviolette, die Proteïnkristalle durch ihre braune Farbe.

#### Krystalloide bei *Amorphophallus Riviera* DUR.

Der etwas milchig getrübbte Saft enthält zahllose verschieden grosse Vacuolen, zahlreiche ungemein saftreiche Kerne, die bei langsamem Zusatz von Wasser in Blasenkerne übergehen und endlich Krystalloide in mässig grosser Zahl.

Die Form derselben entspricht gewöhnlich einer sechseckigen Tafel von meist auffallender Regelmässigkeit. Sie sind farblos oder mit einem leisen Stich in's Bräunliche, ihr Durchmesser schwankt um  $16\ \mu$  herum. Sie sind meist einzeln, seltener zu zweien miteinander verwachsen. Bei vielen konnte ich mich von der Anwesenheit einer Haut überzeugen, denn wenn man vorsichtig Wasser hinzufliessen lässt, so kann man ganz deutlich die anschwellende Membran sehen, (Fig. 14 *a, b*), nicht selten fand ich die noch nicht ausgewachsenen Krystalle direct in einer Vacuole liegen, ganz so wie bei den im Folgenden beschriebenen Krystalloiden von *Jatropha* auf S. 32.

Die Krystalle sind unlöslich in Wasser und Alkohol, löslich unter plötzlicher Aufquellung in verdünnter Kalilauge, sie färben sich mit

Fig. 14.

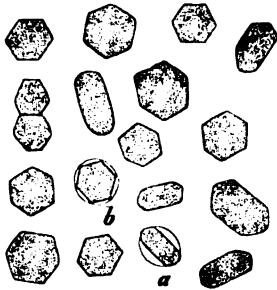


Fig. 15.

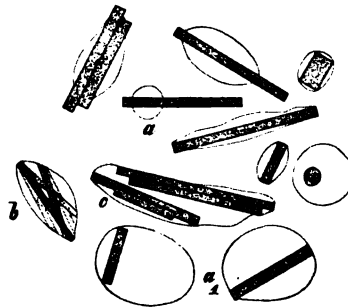


Fig. 14. Krystalloide im Milchsaft von *Amorphophallus Rivieri* DUR. Vergr. etwa 440.

Fig. 15. Krystallvacuolen aus dem Milchsaft von *Musa chinensis* SWEET. Bei *a* Vacuolenhaut theilweise vom Krystall abgehoben, bei *a*<sub>1</sub> ganz abgehoben. Bei *b* und *c* Bündel von Krystallen in der Vacuole. Vergr. etwa 950.

Jodjodkalium gelbbraun, mit wässrigem Säurefuchsin intensiv roth und mit Salpetersäure stark gelb. Die MILLON'sche Reaction gelang, wahrscheinlich weil andere im Milchsaft vorkommende Körper die Reaction behindern und eine fast schwärzliche Färbung des Milchsaftes bei Ausführung dieser Reaction hervorrufen, nicht. Sehen wir jedoch davon ab, so spricht das Verhalten der Krystalle im Grossen und Ganzen für Eiweiss.

Die Krystallvacuolen im Milchsaft von *Musa*. Ich habe schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass im Milchsaft von *Musa*-Arten eigenartige Krystalle einer wahrscheinlich eiweissartigen Substanz vorkommen<sup>1)</sup>.

1) H. MOLISCH l. c. p. 178—179.

Bei *Musa chinensis* SWEET. haben diese Krystalle entweder die Form eines längeren Stäbchens oder eines mehr oder minder deutlich ausgebildeten Prismas, oder endlich die Gestalt eines abgerundeten polygonalen unregelmässigen Gebildes (Fig. 15). In den Blattscheiden herrschen gewöhnlich die längeren Stäbchen vor, in den Blattspreiten hingegen die kürzeren Formen.

Es ist auffallend, dass man diese Krystalle in dem so oft untersuchten Musa-Milchsaft so lange übersehen hat, zumal die Krystalle so zahlreich und so leicht zu beobachten sind. Ihre Länge schwankt zwischen 3—60  $\mu$  und ihre Breite zwischen Bruchtheilen eines Mikron bis 3,5  $\mu$ , die der kürzeren Krystalle sogar bis 7  $\mu$ .

Ich habe die Eigenschaften der Krystalle noch einmal überprüft und kann nur bestätigen, was ich schon früher darüber geschrieben habe: Sie sind im Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform unlöslich, quellen in verdünnten, 1-proz. Mineralsäuren und 1-proc. Essigsäure höchstens etwas auf, verschwinden aber unter Aufquellung in concentrirten Mineralsäuren (Salz-, Schwefel-, Salpetersäure) und concentrirter Essigsäure und lösen sich rasch in verdünnter Kalilauge und Ammoniak.

Die Krystalle färben sich mit wässriger Gentianaviolett-, Methylenblau- und BÖHMER'scher Hämatoxylinlösung schon bei gewöhnlicher Temperatur, mit Essigsäure-Methylgrün oder wässrigem Säurefuchsin beim Erwärmen. Eine Lösung von Jodjodkalium färbt sie rothbraun.

Bei der Kleinheit der Krystalle und bei dem Umstande, dass diese in concentrirten Mineralsäuren verschwinden, stösst die Durchführung der Eiweissreactionen auf grosse Schwierigkeiten, doch ist mir bei dickeren Krystallen die Xanthoproteinsäure-Reaction gelungen<sup>1)</sup>, weshalb ich den Krystallen mit Rücksicht auf die Gesamtheit ihrer Eigenschaften einen eiweissartigen (oder eiweissähnlichen) Charakter zuschreiben möchte.

An der Luft färbten sich die Krystalle (im Tropfen) braun. Da sie sich mit Eisenvitriol (an der Luft!) blau färben, so ist auch Gerbstoff (*sit venia verbo*) in denselben anzunehmen, doch kann ich darüber

---

1) Bei der Behandlung des Milchsaftes mit Salpetersäure entsteht zuerst ein rother Niederschlag, der aber fast momentan eine gelbe Farbe annimmt. Dieser Niederschlag verdeckt die Krystalle und entzieht sie der Beobachtung, falls sie sich nicht in der Salpetersäure schon aufgelöst haben, daher empfiehlt es sich, den Milchsaft vor der Ausführung der Xanthoproteinsäurereaction mit Wasser zu verdünnen. Die Krystalle bleiben dann länger erhalten und sind auch leichter zu finden.

nichts Bestimmtes aussagen, ob der Gerbstoff aus dem gleichfalls die Gerbstoffreactionen zeigenden Milchsaff absorbiert wurde oder an das Eiweiss selbst gebunden ist.

Es ist von besonderem Interesse, dass die erwähnten Krystalle nicht etwa frei im Milchsafte liegen, wie man bei oberflächlicher Betrachtung vermuthen möchte, sondern in Vacuolen eingebettet sind, die schon bei schwacher, besser bei starker Vergrösserung deutlich wahrzunehmen sind, und wie mehr oder weniger grosse Blasen von blassröthlicher Farbe erscheinen (Fig. 15).

Gewöhnlich findet man in einer Vacuole ein bis zwei Krystalle, doch habe ich nicht selten mehr oder ganze Bündel darin vorgefunden (Fig. 15 b, c).

Nach aussen ist die Vacuole von einer wahrscheinlich plasmaartigen Haut umsäumt, die eine klare Flüssigkeit umhüllt, innerhalb welcher der Krystall bzw. die Krystalle eingebettet sind. Oft ist die Flüssigkeit auf ein Minimum reducirt, so dass die Haut dem Krystalle unmittelbar anzuliegen scheint, oder es hebt sich die Haut kugelig an einer Stelle des Krystalles ab, oder die Vacuole erscheint zu einem Ellipsoid oder zu einer Kugel aufgetrieben, innerhalb welcher der Krystall nur mit seinen Enden die Haut berührt oder frei darin schwimmt (Fig. 15).

Man kann die Vacuole viel deutlicher machen, wenn man einen Tropfen frisch aufgefangenen Milchsaffes mit etwas Wasser mengt. Die Vacuole zieht dann osmotisch viel Wasser an und bläht sich förmlich auf. Krystalle, welche früher ganz nackt im Milchsafte zu schwimmen schienen, zeigen sich nunmehr eingeschlossen in eine Saftblase, ellipsoidisch gestaltete Vacuolen runden sich in Folge der Wasseraufnahme, ihr Volumen bedeutend vergrössernd, ab und können dann einen Durchmesser bis  $37\ \mu$  erreichen. Durch plasmolysirende Mittel, z. B. durch 10-proc. Chlornatrium-, Magnesiumsulfatlösung oder Glycerin kann der Vacuole das Wasser bis zur vollständigen Einschrumpfung entzogen werden.

Bei *Musa Martini*, von welcher Art ich junge, etwa 40 cm hohe Exemplare im Winter untersuchte, kommen die eben beschriebenen Krystalle auch vor, aber viel spärlicher als bei *M. chinensis SWEET.*, man muss ein Tröpfchen ziemlich lange durchmustern, bevor man einzelne erblickt.

*Musa Ensete BRUCE* enthält gleichfalls unsere Krystallvacuolen, aber neben diesen noch sonderbar geformte Proteinkörper, die sich von den früheren, abgesehen von ihrer Gestalt, dadurch unterscheiden,

dass sie von Wasser leicht alterirt werden, darin leicht aufquellen und sich dabei in kugelige oder runde, unregelmässige, schwach lichtbrechende Gebilde verwandeln.

Sie besitzen Nadel-, Spindel-, Peitschen-, Ellipsen-, Ring- oder Tennis-Racket-Gestalt und erinnern durch diese Formen vielfach an jene merkwürdigen Proteinkörper, welche ich seiner Zeit in den Zellen der Flachsprosse von *Epiphyllum*-Arten nachgewiesen habe<sup>1)</sup>. Sie zeigen oft eine fibrilläre Structur und die Neigung, sich in Fibrillen zu zerspalten. Erstaunlich ist mitunter ihre Länge, diese kann bis zu 400  $\mu$  bei einer Dicke der Körper von 2—5  $\mu$  ansteigen. In noch jungen, 30—50 cm hohen Pflanzen lassen sich diese Formen häufig beobachten, hingegen waren sie in älteren, fast einjährigen, 1—1  $\frac{1}{2}$  m hohen Exemplaren nicht so häufig und auch nicht so auffallend geformt.

#### Krystalloide im Milchsaft von *Jatropha*-Arten.

Als ich auf Java verschiedene *Jatropha*-Arten verwundete, war ich oft überrascht über die grossen Mengen des aus den Wunden ausfliessenden Saftes. Innerhalb der ersten 5 Minuten flossen aus einem fingerdicken Zweig von *Jatropha multifida* L. mitunter 15—20 grosse Tropfen Milchsaft hervor. Hierauf hörte das Abtropfen auf.

Unter dem Mikroskop fallen dem Beobachter in diesem Saft zahlreiche, ziemlich grosse quadratische Krystalle auf, die an die bekannten Eiweisskrystalloide unter der Korkschale der Kartoffelknollen erinnern. Später ersah ich aus der Litteratur, dass diese Krystalle bei *Jatropha Curcas* L. bereits von H. KARSTEN gesehen wurden<sup>2)</sup>. Da KARSTEN's Beobachtung, wie es scheint, der Vergessenheit anheimfiel, ich dieselbe nirgends citirt fand, da KARSTEN über diese Krystalle, seiner Auffassung der Zelle entsprechend, ganz absonderliche Vorstellungen entwickelte — er nennt sie „Zellenkrystalle“ — da diese Krystalle wirklich viel Interessantes bieten und nicht bloss auf *Jatropha Curcas* L., sondern auch bei anderen von mir untersuchten Arten dieser Gattung vorkommen, so will ich meine Beobachtungen darüber hier mittheilen.

1) H. MOLISCH, Ueber merkwürdig geformte Proteinkörper in den Zweigen von *Epiphyllum*, Ber. der deutschen botan. Gesellschaft, 1885, S. 195.

2) H. KARSTEN, Zellenkrystalloide im Milchsaft der *Jatropha Curcas* L., Gesammelte Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Berlin 1865, S. 305.

*Jatropha glauca* hort. Ich untersuchte junge, 2—6 Monate alte Gewächshauspflanzen dieser Art<sup>1)</sup>. Verwundet man den Stengel einer solchen Pflanze leicht mit einem Skalpell, so schießt sofort ein ziemlich klarer Tropfen hervor, der aus den in der Bastregion befindlichen weiten Milchsaftbehältern stammt. Der Tropfen besteht aus einer klaren Flüssigkeit, in welcher sich zahlreiche Krystalle und kleine Kügelchen befinden. Die letzteren sind vielleicht die jungen, noch unausgebildeten Krystalle.

Die Krystalle stellen zumeist quadratische Tafeln oder abgerundet viereckige bis kreisförmige Tafeln vor. Den tafelartigen Charakter erkennt man leicht an den unter Deckglas rollenden Krystallen. Ihre Kanten erscheinen nicht selten in der Mitte, etwas concav ausgebuchtet, oder mit deutlichen einspringenden Winkeln versehen. Sie sind gewöhnlich einfach, mitunter jedoch zu zweien oder gar zu dreien miteinander verwachsen (Fig. 16).



Fig. 16. Krystalle einer organischen Substanz aus dem Milchsaft von *Jatropha podagrica* Hook. Vergr. etwa 300. *a* Krystall mit concaven Flächen, *b* je 2 Krystalle miteinander verwachsen, *c* Krystall mit deutlicher Schichtung, *d* Krystalle in der Vacuole.

Die gut ausgebildeten, als Krystalle sofort erkennbaren Körper erreichen in der Regel eine Grösse von 3—14  $\mu$ .

Sie erscheinen homogen, häufig gegen die Mitte etwas heller, was vielleicht mit einer concaven Ausbuchtung hier zusammenhängen mag. Nicht selten sind sie parallel zum Umfang geschichtet. In den einzelnen Schichten häufig scharf

quadratischen Tafeln bilden die ausgebildete Quadrate.

Die Krystalle sind bei gewöhnlicher Temperatur unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether und Ammoniak.

1) Derartige Pflanzen erreichten im Gewächshause meines Versuchsgartens in Prag durchschnittlich eine Höhe von 10—15 cm und bildeten nur wenige Blätter aus. Dann gingen die Pflanzen trotz der darauf verwendeten Sorgfalt zu Grunde. Die Cultur von *Jatropha* in Mitteleuropa scheint nicht leicht zu sein, ganz gegen alle Erwartung, da ich in den Tropen, auf Java z. B., *J. Curcas* L. als Heckenpflanze üppig wuchernd angetroffen habe.

In verdünnter Kalilauge werden sie etwas angegriffen, ändern ihre Form, verdeutlichen oft ihre Schichtung, verschwinden aber nicht. Verdünnte Salz- oder Schwefelsäure lösen die Krystalle nicht.

In Jodjodkalium- und Chlorzinkjodlösung färben sie sich rasch gelbbraun.

Wässeriges Säurefuchsin färbt sie intensiv roth, wässeriges Anilinblau blau.

Bei Anwendung der Eiweissreactionen mit MILLON's Reagens, Salpetersäure, Zucker und Schwefelsäure erhielt ich negative oder undeutliche Resultate. Der Milchsafte ist wahrscheinlich eiweisshaltig, denn er färbt sich mit Salpetersäure gelb, mit Schwefelsäure allein oder bei gleichzeitiger Anwendung von Zuckerlösung roth-violett, allein ob die Krystalle eiweissartiger Natur sind, lässt sich aus den vorstehenden Eigenschaften nicht ableiten, aus diesen folgt nur, dass wir es hier mit Krystallen einer organischen Substanz zu thun haben.

Von besonderem Interesse erscheint der Umstand, dass die Krystalle nicht nackt sind, sondern in einer Hülle, in einer Blase liegen, die zwar nicht ohne Weiteres zu sehen ist, die aber mit aller nur wünschenswerthen Deutlichkeit hervortritt, wenn man das frisch ausgeflossene Safttröpfchen mit Wasser vermengt. Der den Krystall umschliessende Sack bläht sich in Folge von Wasseraufnahme bedeutend auf, so dass der Krystall nunmehr in einer deutlichen Vacuole liegt. Dieselbe Erscheinung kann man auch, und zwar mit noch grösserer Deutlichkeit hervorrufen, wofern man die frischen Krystalle mit wässerigem Säurefuchsin oder Anilinblau behandelt. Auch in diesen Farbstofflösungen schwillt die Vacuole an, da sie aber anfangs durch ihre Haut den Farbstoff nicht durchlässt, schwebt die Vacuole mit dem Krystall als farblose Kugel in der Farbstofflösung, indem sie sich von der letzteren durch den Farbstoffmangel deutlich abhebt.

Erst nach einiger Zeit (etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde oder früher) erleidet die Vacuolenhaut Schädigungen, schrumpft und lässt dann den Farbstoff zum Krystall zutreten, welcher denselben nunmehr aufspeichert.

*Jatropha gossypifolia* L. Der Milchsafte junger, drei Monate alter Pflanzen gleicht im Wesentlichen dem der vorhergehenden Art insbesondere bezüglich der Krystalle.

*Jatropha podagrica* HOOK. Der Milchsafte dieser Pflanze erscheint beim Hervorbrechen aus dem Stamme trübe, enthält gleichfalls die Tafelkrystalle, ausserdem aber braungelbe oder goldgelbe, stark lichtbrechende Kügelchen und eine grosse Anzahl farbloser Leukoplasten.

Nach den Untersuchungen von WAKKER<sup>1)</sup> bilden sich die Calciumoxalatkrystalle, welche sich innerhalb der Pflanzenzelle vorfinden, ausschliesslich in Vacuolen. Auch die Eiweisskrystalle der Aleuronkörner und auch die sonst von dem genannten Forscher geprüften Proteinkrystalle (Pilobolus-, Derbesia-, Codium-Arten) bilden sich mit Ausnahme der bekannten, im Plasma entstehenden Krystalloide der Kartoffel und der Eiweisskrystalle der Zellkerne, in Vacuolen.

Wie meine Untersuchungen lehren, finden sich auch im Milchsafte gewisser Pflanzen Körner oder Krystalle von Protein oder proteinähnlichen Körpern, die nicht an beliebigen Stellen des Inhaltes der Milchröhren entstehen, sondern in ihrer Ausbildung an die Intervention von Proteinoplasten (Cecropia, Brosimum) oder Vacuolen (Musa, Amorphophallus, Jatropha) gebunden sind.

Es ist mitunter ausserordentlich schwer, zu entscheiden, ob ein bestimmter Inhaltskörper in einer Vacuole oder in einem Leukoplasten entsteht und zwar dann, wenn der Träger des Inhaltskörpers sehr klein ist, oder wenn der Inhaltskörper bereits zu einer bedeutenden Masse herangewachsen ist und der Leukoplast in Folge grosser Ausdehnung einen hautartigen Charakter angenommen hat. Wie dem nun auch in zweifelhaften Fällen sei, von Wichtigkeit erscheint mir die Thatsache, dass der Inhaltskörper in einem lebenden Gebilde auftritt, und dass solche Gebilde im Milchsaft verschiedener Pflanzen erscheinen.

#### c) Oel.

WAKKER wies in den Epidermis- und anderen Zellen von *Vanilla planifolia* einen eigenthümlichen plasmatischen Inhaltskörper nach, welcher Oel enthält und den er Eläoplast oder Oelbildner nennt<sup>2)</sup>. Nach dem genannten Autor gehen auch die Oelkörper der Lebermoose aus Eläoplasten hervor, während das Oel der Samen gleichmässig innerhalb des Plasmas der Samen entsteht und nicht an bevorzugten Stellen.

Bei meinen Milchsafstudien bin ich schon vor längerer Zeit auf einen Milchsaft gestossen, welcher deshalb besonderes Interesse beansprucht, weil er eine Unmasse von eigenartigen kugeligen Gebilden führt, die ich wegen ihrer

---

1) J. H. WAKKER, Studien über die Inhaltskörper der Pflanzenzelle. PRINGSHEIM's Jahrbücher f. w. Botanik, Bd. 19, 1888, S. 423.

2) Ebenda, l. c. S. 475.



Eigenschaften als Eläoplasten, als Oelbildner bezeichnen muss.

Dieser Milchsaft gehört *Homalanthus populneus* PAX, einer Pflanze an, die in den Gärtnereien den Namen *Croton tinctorium* führt <sup>1)</sup>.

Ihr weisser Milchsaft enthält dreierlei Gebilde: Zellkerne, Stärkekörper und Eläoplasten.

Die Zellkerne sind relativ selten, zeichnen sich durch ihre relativ bedeutende Grösse (bis 22  $\mu$ ), im Gegensatz zu den Eläoplasten durch ihr homogenes Aussehen, ihre runde, seltener längliche wurmförmige Gestalt und durch 1—4 Nucleolen aus (Fig. 17 n).

Die Stärkekörper sind zahlreicher als die Kerne, stäbchenförmig und von unregelmässigem Contour. Der Stab zeigt in der Mitte gewöhnlich eine Verbreiterung, erscheint an seinen Enden abgerundet und liegt, wie man mit REICHERT's  $\frac{1}{12}$  homogener Immersion nicht selten direct sieht, in einem Stärkebildner, der die Stärke als schmaler plasmatischer Mantel umsäumt. Gewöhnlich enthält der Stärkebildner nur einen Stärkekörper in seltenen Fällen 2 (Fig. 17 s).

Die milchige Natur des Saftes rührt aber her von zahlreichen, meist runden, eigenthümlichen Gebilden, die nach ihrem Aussehen und ihren Eigenschaften als Eläoplasten zu bezeichnen sind (Fig. 17 e).

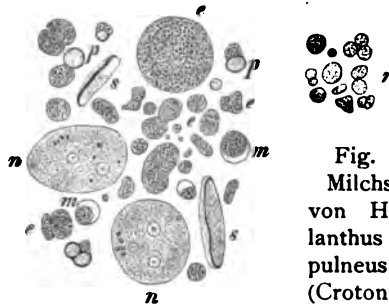


Fig. 17.  
Milchsaft  
von *Homalanthus populneus* PAX  
(*Croton tinctorium* hort.).

Vergr. etwa 900. n Kerne, s Stärke mit noch sichtbarem Leukoplasten, e Eläoplasten, m Eläoplasten mit theilweise sichtbarem plasm. Stroma, p Eläoplasten, aus welchen Oel in Tropfen austritt, r Plasmatisches Stroma der von Oel befreiten Eläoplasten.

1) Ich habe zu wiederholten Malen die unter diesen Namen gehenden Samen aus verschiedenen Samenhandlungen (Haage und Schmidt in Erfurt, Schenkl in Hamburg) bezogen und daraus eine Euphorbiacee gewonnen, deren Blätter gestaltlich denen einer Schwarzpappel ähneln und deren Blattspreitenbasis durch ein Nectarium ausgezeichnet ist. Prof. Dr. R. v. WETTSTEIN, dem ich ein Exemplar davon ohne Blüthe übergab, hatte die Güte, mir daüber zu schreiben: „Soviel ist sicher, dass die Pflanze kein *Croton* ist, auch keine *Poinsettia*, obwohl sie letzterer ja habituell ähnlich sieht. Die Pflanze gehört sicher in die Gruppe der Hippomanineae und ist, soviel sich nach dem vorliegenden Stadium sagen lässt — entweder eine Art der Gattung *Homalanthus*,

In der Regel sind sie rund, nicht selten bisquit- oder wurmartig. Sie haben sehr verschiedene Grösse, von  $1,5 \mu$  grossen Pünktchen bis zu  $17 \mu$  grossen Körpern finden sich alle Uebergänge vor.

Im frischen Milchsaff erscheinen die Eläoplasten in Folge der Einlagerung zahlreicher Fetttröpfchen fein granulirt. Schon nach kurzer Zeit ( $\frac{1}{4}$ —1 Stunde) vergrössern sich die Tröpfchen, fliessen zu grösseren oder zu einem Tropfen zusammen, wodurch der Oelkörper ein stark lichtbrechendes homogenes Aussehen erhält. Bei der Vereinigung der kleinen Tröpfchen tritt die hyaline plasmatische Grundmasse namentlich am Rande zu Tage, so dass der Eläoplast oft wie von einem hyalinen Halbmond umgeben erscheint (Fig. 17 *m*). Das Oel tritt aus dem Stroma oft ganz heraus und hängt der Peripherie desselben als glänzender Tropfen an (Fig. 17 *p*).

Behandelt man einen Milchsafftropfen mit absolutem Alkohol, so löst sich das Fett rasch, und wenn der Alkohol verdampft, bleibt das Oel in Form mehr oder minder grosser Tropfen zurück, die sich zu sehr grossen Tropfen vereinigen können.

Hat sich das Oel in Alkohol gelöst, so bleibt das plasmatische Stroma zurück und bietet den Anblick eines fixirten Leukoplasten (Fig. 17 *r*). Die Stromata geben in Haufen beisammen liegend (also in dickerer Schicht), die MILLON'sche Reaction.

Behandelt man ein Tröpfchen Milchsaff mit alkoholischer Alkannalösung, so färbt sich das aus den Oelbildnern austretende Oel roth. Mit alkoholischer Cyaninlösung färbt sich das Oel blau oder blauviolett.

Bei Einwirkung von Osmiumsäure tritt Bräunung bis Schwärzung der Fetttröpfchen ein, Lösung bei Behandlung mit Alkohol, Chloroform, Benzol und Aether. Wenn man den Milchsaff mit Alkohol behandelt, so tritt, wie bereits bemerkt, das Oel aus den Oelbildnern in Form von Tropfen heraus. Lässt man nun auf diese Tropfen ein Gemisch von concentrirter Kalilauge und Ammoniak (1:1), wie es von mir zuerst zum Verseifen der Fette unter dem Mikroskop verwendet wurde<sup>1)</sup>, einwirken, entweder bei gewöhnlicher Temperatur oder unter ein- bis zweimaligem Erwärmen über der Flamme eines Bunsen-

---

oder eine der Gattung *Sapium*. Später kam die Pflanze zur Blüthe und auf Grund dieser konnte Herr Prof. Dr. G. v. BECK die Pflanze als *Homalanthus populneus* PAX bestimmen. Beiden Herren Collegen sage ich für ihre Mühe meinen besten Dank.

1) H. MOLISCH, Grundriss einer Histochemie der pflanzlichen Genussmittel. Jena 1891, S. 10. Vergl. auch A. ZIMMERMANN, Die botanische Mikrotechnik, Tübingen 1892, S. 71.

brenners und lässt dann etwa 6—24 Stunden stehen, so verwandeln sich die Tropfen unter Beibehaltung ihres ursprünglichen Aussehens in Sphärite, welche im polarisirten Lichte bei gekreuzten Nicols häufig sehr deutlich ein dunkles Kreuz aufweisen.

Ein zweites interessantes Beispiel für die Bildung von Oel in lebenden Gebilden des Milchsaftes, und zwar in Vacuolen, bieten verschiedene Musa-Arten. Ich habe darauf gelegentlich schon früher aufmerksam gemacht<sup>1)</sup>.

Der Musa-Milchsaft ist ausgezeichnet durch ziemlich (bis 53  $\mu$ ) grosse, stark lichtbrechende Kugeln, die im hängenden Tropfen sich nach einiger Zeit zumeist oben ansammeln. Der Milchsaft von *Musa chinensis* SWEET. enthält die Kugeln in den Blattscheiden und dicken Blattrippen in besonders schöner Ausbildung (Fig. 18).

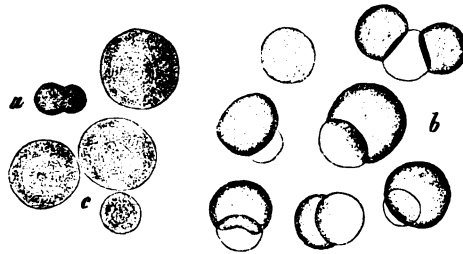


Fig. 18. Fettkugeln aus dem Milchsaft von *Musa chinensis* SWEET. Vergr. etwa 300. *a* Fettkugeln mit Schichtung, *b* Fettkugeln unter der Einwirkung von destillirtem Wasser. Die Haut der Fettkugeln theilweise abgehoben.

„Viele davon sind dickflüssige Tropfen, manche aber zeigen einen festweichen Aggregatzustand und in diesem Falle gewöhnlich einen deutlichen Kern und merkbare Schichtung ähnlich wie Stärkekörner (Fig. 18 *c*), sie treten in der Regel einzeln auf, doch finden sich auch zwei-, drei- und mehrfach zusammengesetzte (Fig. 18 *a*).

Offenbar geht das ursprünglich flüssige Fett allmählich in einen krystallinischen Zustand über, wobei der Tropfen sich schliesslich in einen Sphärit von Fett umwandelt.

Dementsprechend erscheinen die Kugeln im Polarisationsmikroskop bei gekreuzten Nicols entweder dunkel, schwach oder hell leuchtend und die Sphärite oft mit schönem Kreuz.“ Auch kommt es nicht selten vor, dass in den Kugeln nur gewisse Parteen leuchten, die anderen aber nicht. Es deutet dies wohl darauf hin, dass die Kugel an gewissen Stellen in den krystallinischen Zustand überzugehen beginnt. — Bei *Musa Martini* und *M. Ensete* leuchten hin-

1) H. MOLISCH, Ueber Zellkerne besonderer Art, Bot. Zeitg., 1899, S. 177.

gegen die Kugeln, wahrscheinlich weil sie noch nicht genügend erstarrt sind, soweit ich beobachtet habe, nicht auf<sup>1)</sup>).

Die Kugeln schrumpfen in Alkohol, ohne zu verschwinden, sie lösen sich leicht in Chloroform, Aether, Benzol und Schwefelkohlenstoff, färben sich rasch mit alkoholischer Alkannalösung roth und mit Osmiumsäure bräunlich bis schwärzlich. Eine Verseifung unter dem Mikroskop in der vorhin S. 36 angegebenen Weise gelang mir nicht, doch ist dies noch kein zwingender Grund, hier kein Fett anzunehmen, da nicht alle Fette sich mikrochemisch verseifen lassen.

Nach dem ganzen Verhalten der Kugeln ist es mir nicht unwahrscheinlich, dass sie der Hauptmasse nach aus einem fetten Oel bestehen dürften, doch möchte ich diesen Schluss, so lange wir über keine bessere mikrochemische Methodik des Fettnachweises verfügen, nur mit Vorbehalt gezogen wissen.

Ueber die die Kugeln umgebende Haut äusserte ich mich schon früher folgendermaassen: „Wie bereits TRÉCUL<sup>2)</sup> hervorhob, fassten SCHULTZ und KARSTEN die eben beschriebenen Kugeln als Blasen auf, UNGER bemerkte an diesen eine Art Membran, während v. MOHL ihre Blasennatur leugnete. Nach einer längeren Einwirkung von Alkohol oder Ammoniak findet sie TRÉCUL entweder intact oder ihre Oberfläche gewellt »comme si une membrane limitante avait perdu une partie de son contenu«.

Man kann sich leicht überzeugen, dass die Fettkugeln von einer zarten Membran umhüllt sind; es ist hierfür nur nöthig, sie mit einem Tropfen destillirten Wassers, wovon die Kugeln nicht selten schaumig werden, zu vermengen und nach einem Tage wieder zu betrachten; es erscheint dann an zahlreichen Kugeln die Membran stellenweise abgehoben und ausgebaucht, genau so wie es Fig. 18 b darstellt. 1-proc. Osmiumsäure lässt die Haut gleichfalls oft deutlich hervortreten.“

Im Milchsafte von *Musa Martini* hort., der aus jungen Blättern entnommen war, konnte ich mir mit Leichtigkeit die Gewissheit verschaffen, dass die Fettkugeln in Vacuolen entstehen. Man sieht in diesem Milchsafte eine grosse Zahl verschieden grosser Vacuolen. Viele davon sind noch ganz frei von Oel, viele ganz erfüllt und nicht wenige eben erst theilweise mit Oel versehen, in letzterem Falle sitzt dasselbe der Innenwand häufig seitlich auf.

Neben den homogen aussehenden und stark glänzenden Fettkugeln kommen im Milchsafte von *Musa chinensis* SWEET. noch eigen-

1) H. MOLISCH, l. c. S. 178.

2) M. A. TRÉCUL, Des vaisseaux propres et du tannin dans les Musacées, Ann. des sciences natur., V. sér., T. VIII (1867), S. 288.

artige Kugeln von etwa derselben Grösse vor, die sich jedoch vor den Fettkugeln sofort durch ihre körnige Structur, im durchfallenden Lichte durch ihre dunklere (bräunliche), im auffallenden durch ihre weisse Farbe auszeichnen und sich ferner von den Fettkugeln dadurch sofort unterscheiden, dass sie sowohl in Alkohol als auch in Wasser sehr leicht löslich sind. Mit Harz haben daher diese Körper, obwohl sie harzartiges Aussehen besitzen, sicherlich nichts zu thun. Ueber ihre Chemie vermag ich Weiteres nicht auszusagen.

Interessant ist, dass auch diese Kugeln von einer Haut umschlossen sind, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man zu diesen Kugeln langsam Wasser hinzufließen lässt. Es bleibt dann die Haut nach Auflösung der Inhaltsmasse als deutliche Blase zurück.

Abgesehen von diesen angeführten Beispielen von Milchsaftevacuolen, in deren Inneren feste Körper oder Oel abgeschieden werden, sind Vacuolen, die nur mit Flüssigkeit erfüllt sind, im Milchsafte eine häufige Erscheinung. In dem Milchsafte von *Carica Papaya* L. können diese Vacuolen bis etwa  $50\ \mu$  groß werden, einzelne davon enthalten einen oder einige wenige Kryställchen (Krystallsand) von rundem oder polygonalem Umriss, die BROWN'sche Molecularbewegung zeigen.

---

Die vorstehenden Untersuchungen haben ergeben, dass die Behälter des Milchsafte nicht bloss Plasma und Kern enthalten, sondern innerhalb des Plasmas noch andere lebende Gebilde, wie Leukoplasten verschiedener Art, welche Stärke, Oel oder Eiweiss abzuscheiden vermögen, ferner Vacuolen mit bestimmten festen Inhaltskörpern oder mit Flüssigkeit gefüllt.

Es hat sich ferner herausgestellt, dass das Plasma in den untersuchten ausgebildeten Milchröhren einen hohlen Schlauch bildet, der der inneren Oberfläche der Milchröhrenwand innig anliegt und in seinem Hohlraum den Milchsafte in engerem Sinne enthält.

Ebenso wie in einer gewöhnlichen Zelle Kern, Vacuolen, Leukoplasten und die durch Vermittelung derselben hervorgehenden Gebilde (Stärke etc.) zeitlebens in Contact mit dem Protoplasma verbleiben, ist dies auch in den Milchröhren der Fall, während andere Inhaltskörper, welche in ihrer Entstehung nicht an die Intervention von Leukoplasten oder Vacuolen geknüpft sind, wie Harz- oder Kautschuktröpfchen, bei den ausgewachsenen Milchbehältern im Milchsafte liegen.

Dieser letztere entspricht dem Zellsafte; dass er im Gegensatz zu dem Zellsaft gewöhnlicher Zellen keine klare Flüssigkeit darstellt, sondern eine Emulsion, ändert natürlich an diesem Sachverhalt gar nichts.

Allgemein versteht man unter Milchsafte den Gesamttinhalt der Milchröhre, alles was sich aus der Wunde einer milchenden Pflanze ergiesst, mithin den Milchsafte und das Plasma sammt den darin vorhandenen Inhaltskörpern. Im Milchsafte tropfen erscheint Plasma und Milchsafte gewöhnlich gemischt, die Anordnung des Milchröhreninhaltes, wie er in der intacten Milchröhre gegeben ist, ist im Tropfen völlig gestört. Ich betone dies Verhältniss, weil es häufig nicht genügend beachtet wird und dann zu Irrthümern Veranlassung geben kann. Ganz junge Enden der Milchröhren mögen ja vielleicht nur mit Plasma erfüllt sein, bei ausgewachsenen Milchröhren ist dies aber schon deshalb nicht anzunehmen, weil der gewaltige osmotische Druck innerhalb der Milchröhren eine periphere Plasmahaut von bestimmten osmotischen Eigenschaften voraussetzt.

Ich komme auf Grund meiner Erfahrungen somit zu derselben Auffassung wie SCHMIDT<sup>1)</sup> und KALLEN<sup>2)</sup> und fasse den im Plasmaschlauch befindlichen eigentlichen Milchsafte als Zellsafte auf und bin nicht der Ansicht von BERTHOLD, der die Meinung vertritt: „Der Milchsafte ist in der That weiter nichts als ein eigentümlich metamorphosirter Plasmakörper, in welchem auf dem Höhepunkt seiner Entwicklung ein Safttraum nicht vorhanden ist, der aber gegenüber dem gewöhnlich in den Zellen sich findenden Plasmakörper durch grosse Leichtflüssigkeit charakterisirt ist“<sup>3)</sup>. BERTHOLD stützt seine Ansicht in seinem verdienstvollen Werke auf die von ihm gemachte Beobachtung, dass bei vielen Pflanzen die in den intercellulären Räumen und Milchröhren zur Ablagerung kommenden Substanzen (Harztröpfchen etc.) einen ganz normalen Bestandtheil des Zellplasmas bilden. So findet er z. B. in den Oberhautzellen zahlreicher Apocyneen (*Amsonia latifolia*, *salicifolia*, *tabernae montana*, *Nerium* und *Cynanchum fuscum*) Tröpfchen, „welche nach Aussehen und Reaction in jeder Beziehung den Tröpfchen gleichen, die sich im Milchsafte der betreffenden Formen finden“<sup>4)</sup>. Und weil er die Tröpfchen bei den Oberhautzellen im Plasma findet,

1) E. SCHMIDT, l. c., S. 458.

2) F. KALLEN, Verhalten des Protoplasmas in den Geweben von *Urtica urens*, Flora, 1882, S. 86 u. 104.

3) G. BERTHOLD, Studien über Protoplasma-mechanik. Leipzig 1886, S. 30.

4) l. c. S. 29.

schliesst er, dass sie auch innerhalb der Milchröhren im Plasma entstehen und liegen müssen.

Nerium Oleander L. habe ich speciell noch untersucht, kann aber, falls der genannte Autor dieselbe Art geprüft hat, seine Beobachtung bezw. die Identität der Kügelchen nicht bestätigen, da die Kügelchen der Epidermis sich in Alkohol lösten, die Kügelchen im Milchsaft sich aber als winzige Eiweisskrystalloide entpuppten. Aber ganz abgesehen davon, würde ich es bei dem heutigen Stande der Mikrochemie, obwohl ich zu den Verehrern der Mikrochemie zähle und der Ueberzeugung bin, dass wir von derselben in Zukunft bedeutende Aufschlüsse über die Chemie und den Stoffwechsel der Zelle erwarten dürfen, kaum wagen, auf Aussehen und Reaction hin Tröpfchen, die sich in einer Oberhautzelle vorfinden, oft mit Tröpfchen im Milchsaft zu identificiren. Ist es an und für sich oft schon schwer, ja unmöglich mikroskopische Fett-, Harz- und ätherische Oeltröpfchen von einander zu unterscheiden, wie wollte man erst Harztröpfchen verschiedener Art aus einander halten?

Ferner findet BERTHOLD, dass bei Papaveraceen in den jungen Milchsaftzellen vor der Resorption der Querwände die Milchsaftkügelchen im Plasma lägen und daher nicht im Zellsaft (Milchsaft) entstünden. Und bei den Apocyneen, Asclepiadeen, Euphorbiaceen u. s. w., welche bekanntlich einzellige Milchröhren besitzen, sei es nicht möglich, weder an frischem noch an conservirtem Material über die Lagerungsverhältnisse von Plasma und Tröpfchen direct etwas festzustellen. Nichtsdestoweniger nimmt BERTHOLD auch für die Milchzellen der zuletzt genannten Familien an, dass die Tröpfchen im Plasma lägen und dass der ganze Milchsaft nichts anderes als ein leichtflüssiges Plasma sei.

Ich will mich nicht darüber aussprechen, ob die Kautschuck- und Harz- oder allgemeiner gesagt, die Milchsaftkügelchen im Plasma direct entstehen, wie BERTHOLD annimmt, da ich dies nicht direct beobachten konnte, aber die Möglichkeit, auf welche der genannte Autor nicht Rücksicht nimmt, darf doch nicht bestritten werden, die nämlich, dass die Milchsaftkügelchen, wenn vielleicht auch im Plasma entstanden, später in dem Zellsaft (Milchsaft im engeren Sinne) auftreten und dann hier verharren. Dass sie in den von mir untersuchten Fällen nicht im Plasma stecken, sondern in dem Hohlraum des Plasmaschlauchs, d. h. im Milchsaft, lässt sich direct aus meinen Präparaten ableiten. Man betrachte die Fig. 3 und 4 welche wohl keinen Zweifel über die Richtigkeit meiner Auffassung zulassen dürften. Es sei ferner auf eine Thatsache hingewiesen, die entschieden gegen

die Auffassung BERTHOLD's über den Milchsaff spricht. Bekanntlich hat man bisher ausnahmslos gefunden, dass das Protoplasma alkalisch reagirt. Wäre der Milchsaff, wie BERTHOLD behauptet, leichtflüssiges Plasma, so sollte man von vornherein erwarten, dass die Milchsäfte der verschiedenen Pflanzen alkalisch reagiren. Dies ist aber, wie ich mich an zahlreichen Pflanzen überzeugt habe, und wie aus der Tabelle auf S. 44 hervorgeht, niemals der Fall. Die Milchsäfte reagiren gewöhnlich sauer, selten amphoter und soweit die Untersuchungen reichen, niemals alkalisch.

## **B. Zur Chemie des Milchsaffes.**

Unsere Kenntnisse über die chemische Beschaffenheit des Milchsaffes basiren vorzugsweise auf der makrochemischen Analyse. Tropische Bäume, welche in ihren Milchsäften Kautschuk, Guttapercha, Balata oder Pfeilgifte liefern, haben die Aufmerksamkeit der Chemiker zunächst erregt und Veranlassung zu chemischen Untersuchungen des Milchsaffes gegeben<sup>1)</sup>. Alles in Allem zusammengenommen wissen wir über die chemische Zusammensetzung der Milchsäfte noch recht wenig, hauptsächlich wohl darum, weil die Untersuchung in den Tropen an Ort und Stelle vielfach Schwierigkeiten bietet und weil bei unseren einheimischen milchenden Pflanzen der Milchsaff nur tropfenweise also nur in sehr geringen Mengen beschaffbar ist. So mussten WEISS und WIESNER, um nur einige Gramm Milchsaff von der *Euphorbia Cyparissias* L. zu gewinnen, einige Tausend Exemplare abzapfen<sup>2)</sup>.

Man sollte meinen, dass in einem solchen Falle die Botaniker ihre Zuflucht zur Mikrochemie genommen hätten, allein dies ist, abgesehen von wenigen Ausnahmen, auf welche, wenn dies nicht schon geschehen ist, noch hingewiesen werden soll, wohl hauptsächlich wegen der noch wenig ausgebildeten mikrochemischen Methodik,

---

1) Ueber die Chemie des Milchsaffes vergleiche: J. WIESNER, Die Rohstoffe des Pflanzenreichs, 2. Aufl., Leipzig 1900, S. 356, FLÜCKIGER, Pharmakognosie. FLÜCKIGER und HANBURY, Pharmakographia, F. ROCHLEDER, Phytochemie, 1854, F. J. F. MEYEN, System der Pflanzenphysiologie, Berlin 1835, Bd. 2, S. 371, DE BARY, l. c. S. 191, G. DRAGENDORFF, Die Heilpflanzen etc., Stuttgart 1898.

2) J. WIESNER, l. c., S. 154. Vergl. ferner: WEISS und WIESNER, Beiträge zur Kenntniss der chemischen und physikalischen Natur des Milchsaffes der Pflanzen, Botan. Zeitung, 1861, S. 41, und 1862, S. 125.



sehr selten und zumeist nur gelegentlich anderer Untersuchungen gethan worden.

Meiner Ueberzeugung nach eröffnet sich nur dann dem Physiologen die Aussicht, in die noch wenig aufgehellte Function des Milchsaftes einzudringen, wenn die Chemie und Physik desselben der Hauptsache nach bekannt sein wird. Daher habe ich auch diesem Gegenstande meine Aufmerksamkeit geschenkt.

Während meiner bereits durch mehrere Jahre fortgesetzten Studien über den Milchsaft hatte ich Gelegenheit, auch Beobachtungen chemischer Art über denselben zu machen, die einen kleinen Beitrag zu der noch im Argen liegenden Kenntniss von der Zusammensetzung der pflanzlichen Milchsäfte darstellen und die, soweit dies nicht schon im ersten Abschnitt dieser Schrift geschehen ist, in Folgendem mitgetheilt werden sollen.

#### 1. Die Reaction des Milchsaftes.

Wenn die Auffassung von BERTHOLD, dass der Milchsaft leichtflüssiges Plasma darstelle, richtig wäre, so sollte man erwarten, dass der Milchsaft eine alkalische Reaction darbietet; wäre aber der Milchsaft im engeren Sinne, wie ich auf Grund meiner Erfahrungen annehmen muss, Zellsaft, dann würde eine saure oder neutrale oder höchstens amphotere Reaction zu erwarten sein. Von diesem Gesichtspunkte lag es nahe, eine grössere Anzahl von Milchsäften auf ihre Reaction zu prüfen. — Von vorneherein ist es wahrscheinlich, dass der Plasmaschlauch alkalisch, der Zellsaft sauer reagirt, dass im ausfliessenden Tropfen Plasma und Saft sich mischen und dass daher die alkalisch reagirenden Substanzen des absterbenden Plasmas von den sauren Substanzen des Saftes neutralisirt werden und dass der eventuell vorhandene Ueberschuss der sauren Saftsubstanzen die Endreaction bedingen wird.

Um die Reaction zu bestimmen, bediente ich mich empfindlicher Lackmuspapiere. Gewöhnlich wurde die Blattlamina mit einer scharfen Scheere, der Blattstiel oder der Stamm mit einem scharfen Rasiermesser unter Vermeidung jedweder Zerrung angeschnitten und der ausfliessende Saft sofort auf das Lackmuspapier gebracht. Um eine etwa vorhandene amphotere Reaction nicht zu übersehen, wurde der Milchsaft stets mit blauem und rothem Papiere geprüft. Das Vorkommen einer solchen Reaction war ja nicht unwahrscheinlich, zumal wir laut den Untersuchungen von C. KRAUS wissen, dass die Säfte des Markparenchyms verschiedener Pflanzen häufig amphotere Reaction geben. Erscheint die Reaction im Anfang undeutlich, so

empfiehlt es sich, den durch den Tropfen verursachten Fleck längere Zeit zu beobachten, bis der Saft sich in Folge von Verdampfung genügend concentrirt.

Name der Pflanze	Reaction des Milchsafte
1. Allamanda Schottii HOOK. . . . .	sauer
2. Amorphophallus Rivieri DUR. . . . .	schwach sauer
3. Alocasia nymphaefolia hort. . . . .	sauer
4. „ Lindenii hort. . . . .	schwach sauer
5. Antherium panduraeforme SCHOTT. . . . .	„ „
6. Carica Papaya L. . . . .	„ „
7. Caladium violaceum hort. . . . .	sauer
8. Campanula medium L. . . . .	„
9. Centropogon Lucianii . . . . .	„
10. Euphorbia canariensis L. . . . .	schwach sauer oder amphoter
11. „ mamillaris L. . . . .	„ „ „ „
12. „ Characias L. . . . .	amphoter
13. „ fulgens KARW. . . . .	sauer
14. „ Cyparissias L. . . . .	amphoter?
15. Ficus quercifolia . . . . .	sauer
16. „ Roxburghii . . . . .	„
17. „ barbata WALL. . . . .	amphoter
18. „ radicans ROXB. . . . .	schwach amphoter
19. „ acuminata. . . . .	Spur sauer
20. „ australis WILLD. . . . .	„ „
21. „ Carica L. . . . .	„ „
22. Hoja carnosa . . . . .	sauer
23. „ rotundifolia SIEB. . . . .	„
24. „ Cumingiana DEENE . . . . .	„
25. Jatropha podagrica HOOK. . . . .	„
26. „ Janipha . . . . .	schwach sauer
27. Lactuca virosa L. . . . .	sauer
28. Musa Clifortiana L. . . . .	„
29. „ chinensis SWEET. . . . .	schwach sauer
30. Mulgedium macrophyllum DC. . . . .	sauer
31. „ alpinum (L.) CASS. . . . .	„
32. Nerium Oleander L. . . . .	„
33. Phyllotaenium Lindenii SCHOTT. . . . .	„
34. Philodendron connaefolium . . . . .	schwach sauer
35. Papaver orientale L. . . . .	sauer
36. Ranwolffia lycioides CAV. . . . .	schwach sauer
37. Scorzonera hispanica L. . . . .	sauer
38. Stapelia punctata MASS. . . . .	„
39. Steudnera colocasiaefolia C. KOCH . . . . .	„
40. Sonchus sp. . . . .	„
41. Taraxacum officinale WIGG. . . . .	„
42. Vinca rosea L. . . . .	„

Aus der Tabelle geht hervor, dass die untersuchten Milchsäfte gewöhnlich sauer, sehr selten amphoter und niemals alkalisch reagiren, ein Ergebniss, welches nicht zu Gunsten der Ansicht spricht, dass der ganze Milchsaft als eine Art leicht flüssigen Plasmas zu betrachten sei.

## 2. Anorganische Körper.

### a) Calcium.

Am besten gelingt der Nachweis des Calciums<sup>1)</sup> nach meinen Erfahrungen mittelst Schwefelsäure. Ich verfahre dabei so, dass ich den zu untersuchenden Milchsafttropfen auf einen Objectträger knapp neben einen ebenso grossen Schwefelsäuretropfen bringe und dann das Deckglas darauf fallen lasse. Dies hat den Vortheil, dass sich die beiden Tropfen erst allmählich mischen und die Säure in verschiedenen Concentrationen wirkt. Dabei kommt es dann gewöhnlich zu einer mittleren Concentration der Schwefelsäure, innerhalb welcher die Gypskrystalle anschliessen. Diese Art der Durchführung ist jedoch nur am Platze, wenn viel Kalk vorhanden ist. Bei Gegenwart geringer Kalkmengen lasse ich den Milchtropfen, um ihn zu concentriren, erst eintrocknen und füge dann 1—2 proc. Schwefelsäure hinzu. Selbst bei sehr geringen Mengen von Calcium findet man dann am Rande des Tropfens die charakteristischen Gypskrystalle. Ergiebt auch dieser Versuch ein negatives Resultat, so prüfe man nach dem letzten Verfahren die Asche.

Gute Resultate lieferte mir auch häufig die Fällung des Kalkes mittelst Oxalsäure, weniger gute die Fällung als Tartrat mittelst Seignettesalz oder als Kalium-Calciumferrocyanid mittels gelben Blutlaugensalzes. Wo es möglich war, wendete ich zur Controlle verschiedene Kalkreactionen an.

Die in der nachstehenden Tabelle zusammengestellten Resultate haben ergeben, dass in vielen Milchsäften viel Kalk, in vielen wenig und bei manchen kein Kalk nachgewiesen werden konnte. Ist der Kalk in den Milchröhren in grossen

---

1) Vergleiche über den mikroskopischen Nachweis dieser und anderer Körper besonders: K. HAUSHOFER, Mikroskopische Reactionen, Braunschweig 1885. A. F. SCHIMPER, Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze, Flora 1890, S. 207: H. BEHRENS, Mikrochemische Analyse, Hamburg und Leipzig 1895.

Name der Pflanze	Kalkreaction bei directem Nachweis im Saft	Anmerkungen
Allamanda Schottii Hook . . .	sehr deutlich	
Alocasia violacea hort. . . . .	„ „	
„ Maximiliana hort. . . . .	„ „	
Alstonia scholaris R. BR. . . .	„ „	
Brosimum microcarp. SCHOTT.	schwach	
Centropogon Lucianii . . . .	sehr deutlich	
Campanula medium L. . . . .	deutlich	
Dorstenia erecta VELL. . . . .	„	
Euphorbia globosa SIMS. . . .	sehr deutlich	
„ Characias L. . . . .	schwach	
„ splendens BOJ. . . . .	sehr schwach	
„ Lathyris L. . . . .	„ „	
„ coerulescens HAW. . . . .	„ „	
„ mammillaris L. . . . .	„ „	
„ Regis-jubae WEBB. . . . .	„ „	
Ficus elastica hort. . . . .	schwach	
Galactodendron utile H. BE. K.	deutlich	
Homalanthus populneus PAX . .	keine	
Hoja rotundifolia SIEB. . . . .	„	
Jatropha podagrica HOOK. . . .	sehr deutlich	
Musa Martini hort. . . . .	schwach	In der Asche deutliche Reaction
Nerium Oleander L. . . . .	keine	
Papaver orientale L. . . . .	„	
Stapelia punctata MASS. . . . .	schwach	
Sonchus sp. . . . .	keine	
Syngonium pelioclad. SCHOTT.	sehr deutlich	
Scorzonera hispanica L. . . . .	keine	In der Asche schwache Reaction
Taraxum officinale WIGG. . . .	deutlich	
Vinca minor L. . . . .	schwach	

Mengen vorhanden, so gelingt die Reaction direct, bei geringen Mengen erst in der Asche. Bezeichnend ist, dass der Kalk, soweit die Untersuchungen reichen, niemals in Krystallform in der intacten Milchröhre aufzufinden ist, sondern dass er ursprünglich stets gelöst vorkommt, — ein Umstand, der Beachtung verdient, weil im Schleimsaft zahlreicher Monocotylen (Amaryllideen, Comelyneen etc.) gerade der Kalk in fester Form und zwar in Gestalt der Kalkoxalat-Raphiden abgelagert wird.

Ein Beispiel von massenhaftem Vorkommen einer Kalkverbindung ist der Milchsaft von *Euphorbia Lathyris* L.

Bereits DE BARY <sup>1)</sup> hat darauf aufmerksam gemacht, dass im Milchsaft einjähriger Pflanzen von *Euphorbia Lathyris* L. eine Verbindung in so grosser Menge vorkommt, dass sie aus einem Tropfen an der Luft sofort in zahllosen Krystallen anschießt. Nach der chemischen Bestimmung FLÜCKIGER's bestehen diese Krystalle aus apfelsaurem Kalk <sup>2)</sup>. SCHULLERUS <sup>3)</sup> fand, dass diese Krystalle auch in etiolirten Keimpflanzen in grosser Menge auftreten, während sie solchen des freien Landes fehlen.

Ich fand diese Krystalle während der Wintermonate massenhaft in Topfpflanzen, welche sich im Kalthause befanden. Die Krystalle sind zumeist länglich-abgerundet-viereckig, stern-drusenartig, Navicula-förmig oder unregelmässig klumpig (Fig. 19).

Als ich im Frühjahr etiolirte und grüne Topf-Keimpflanzen untersuchte, fand ich in beiden die Kalkverbindung, allein es bildeten sich jetzt vorwiegend Krystallaggregate von langen verzweigten Büscheln.

FLÜCKIGER hatte wahrscheinlich eine grössere Menge Milchsaftes zur Verfügung und bestimmte die Apfelsäure makrochemisch. Ich hatte nur Gelegenheit mikrochemisch zu untersuchen, und da konnte ich mir bloss den Beweis verschaffen, dass hier eine Kalkverbindung vorliegt. Ob der Kalk hier an Aepfelsäure gebunden ist, darüber geben meine Untersuchungen keinen Aufschluss, da der

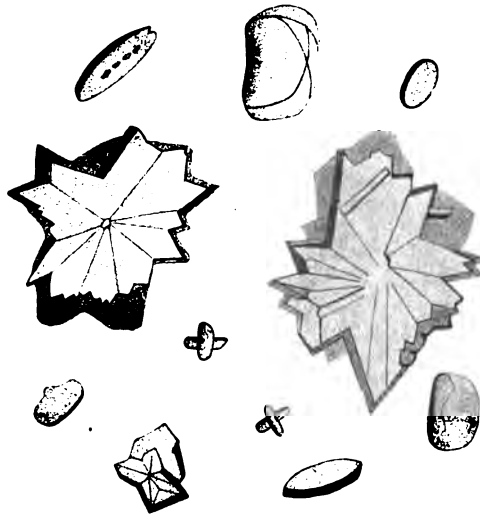


Fig. 19. Krystalle einer Kalkverbindung aus dem Milchsaft von *Euphorbia Lathyris* L. Vergr. etwa 250.

1) DE BARY, l. c., S. 192.

2) DE BARY l. c., S. 192.

3) J. SCHULLERUS, Die physiologische Bedeutung des Milchsaftes von *Euphorbia Lathyris* L. In den Abhandlungen des botan. Vereins der Provinz Brandenburg, XXIV, Berlin 1882, S. 66.

mikrochemische Nachweis der Aepfelsäure nach meinen Erfahrungen schwierig und unsicher ist.

Zwar möchte es nach der mikrochemischen Anweisung des Aepfelsäurenachweises in dem trefflichen Werke von BEHRENS<sup>1)</sup> scheinen, dass dem nicht so ist, allein man darf nicht vergessen, dass der Nachweis einer bestimmten Substanz in einem Lösungstropfen oder in irgend einem Mineralwasser sich eben oft ganz anders d. h. viel leichter gestalten wird als in einer Zelle oder in einem Tropfen von so complexer Zusammensetzung, wie es ein Milchsafttropfen ist.

#### b) Magnesium.

Für die Erkennung des Magnesiums besitzen wir ein treffliches Reagens im Natriumphosphat oder in dem auch für Löthrorversuche benutzten Doppelsalz von Natrium und Ammoniumphosphat (Phosphorsalz). Aus schwach ammoniakalisch oder neutralen salmiakhaltigen Lösungen von Magnesiaverbindungen fällen diese Salze das Magnesium als Magnesiumammoniumphosphat. Dasselbe erscheint in Form verschiedener Krystalle, welche dem rhombischen System angehören. Besonders charakteristisch sind dach- und sargdeckelähnliche Formen, die in Folge von ungleichmässiger Fortbildung häufig schmetterlingsartige Gestalten liefern. Ganz gewöhnlich sind Kreuze, sechsstrahlige gefiederte Sterne und trapezförmige und dreieckige Täfelchen.

Man führt mit Milchsafte oder dessen Asche die Reaction zweckmässig folgendermaassen aus. Ein Tropfen einer 5-proz. Natriumphosphatlösung wird mit dem Milchsafte und mit einem kleinen Tröpfchen Chlorammoniumlösung verrührt und das Gemisch nach Umkehrung der Objectträger für 10 Secunden auf den Hals einer Ammoniakflasche gelegt. Bei Gegenwart von Magnesium bilden sich dann gewöhnlich fast momentan die erwähnten Krystalle. Durch Einwir-

1) H. BEHRENS, Mikrochemische Analyse organischer Verbindungen, Heft 4, S. 47.

Das Buch des genannten Autors wird zweifellos jedem Chemiker insbesondere aber den Physiologen sehr willkommen gewesen sein und wird sicherlich zur Belebung mikrochemischer Studien sowohl auf botanischem als auch auf zoologischem Gebiete viel beitragen; indessen darf nicht übersehen werden, dass BEHRENS Methoden mit wenigen Ausnahmen an leblosen nicht cellulären Objecten (Flüssigkeiten, Mineralien etc.) durchgeführt wurden und dass sie daher häufig nicht ohne Weiteres im Organismus anwendbar erscheinen, sondern dass es zunächst Aufgabe der Botaniker und Zoologen sein wird, diese Methoden für Zelle und Gewebe auszuprobiren, anzupassen und zu modificiren, was bisher leider in sehr wenigen Fällen geschehen ist.

kung des Ammoniakdampfes wird der Milchsafte nicht unnöthigerweise verdünnt. — Empfehlenswerther ist es mit Phosphorsalz zu arbeiten, da der Zusatz von Salmiak dann überflüssig wird. Bei nur schwach sauren Milchsäften kann man auch vom Ammoniak absehen, es genügt in diesem Falle der Zusatz von Phosphorsalz allein. Die Krystalle entstehen zwar hierbei langsamer, sind aber viel prägnanter ausgebildet. Noch zweckmässiger erscheint es, stets zwei Proben zu machen, die eine mit, die andere ohne Ammoniak.

Aus der Untersuchung zahlreicher Pflanzenarten (siehe die folgende Tabelle) ergab sich, dass Magnesiumverbindungen sehr verbreitet in Milchsäften sind, dass es bei gewissen Arten in colossalen Anhäufungen, bei anderen hingegen nur in Spuren nachgewiesen werden kann.

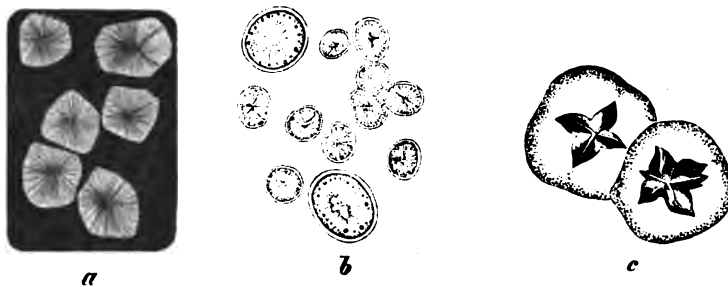


Fig. 20. *a* Sphärite einer Magnesiumverbindung aus dem Milchsafte von *Ficus elastica* hort. Vergr. etwa 60. *b* und *c* Sphärite einer Magnesiumverbindung aus dem Milchsafte von *Euphorbia mammillaris* L. Vergr. etwa 300.

Ein höchst interessantes Beispiel für eine ausserordentliche Anhäufung einer Magnesiumverbindung ist der Milchsafte von *Ficus elastica*<sup>1)</sup> hort. Lässt man einen grösseren frisch aufgefangenen Tropfen unterm Deckglas verdampfen, so scheiden sich zahlreiche runde oder rundlich viereckige Sphärite aus, die nicht selten schon mit freiem Auge erkennbar sind. Fig. 20 *a*. Wäscht man den eingetrockneten Rückstand des Tropfens mit Alkohol, überträgt den einen oder einige Sphärite auf einen anderen Objectträger, wäscht mit Alkohol noch nach' und unterwirft die Sphärite der Magne-

1) In einer Milchsafte-Analyse von *Ficus elastica* wird bereits das Vorkommen eines Magnesiumsalzes einer organischen Verbindung von ADRIANI angeführt. Verhand. over de Guttapercha en Caoutschuc. Utrecht 1850. — Jahresber. über die Fortschritte der Chemie, 1851, S. 125.

siumprobe, so zerfallen diese in ein Haufwerk von Krystallen der phosphorsauren Ammoniakmagnesia. Mächtige *Ficus elastica*-Bäume, die ich auf Java untersuchte und unsere europäischen Gewächshaus-exemplare verhalten sich in Betreff der Magnesiaanhäufung gleich. Analog verhält sich der Milchsaft vom Kuhbaum *Galactodendron utile* H. B. e. K. Die Menge der im Milchsaft angehäuften Magnesiumverbindung muss nach meinen Befunden auch hier eine auffallend grosse sein.

Auch aus dem Milchsaft von *Euphorbia mammillaris* schiessen beim langsamen Eintrocknen in grosser Zahl Sphärite einer Magnesiaverbindung an und bieten entweder die radial gestreiften Formen der Fig. 20 *b* oder die in der Mitte von Rissen durchsetzten Gestalten der Fig. 20 *c*.

Name der Pflanze	Magnesium-Reaction direct im Milchsaft	Anmerkung
<i>Alocasia Maximiliana</i> hort. . .	keine	
<i>Alstonia scholaris</i> R. BR. . .	"	
<i>Brosimum microcarp.</i> SCHOTT.	sehr deutlich	
<i>Cecropia peltata</i> L. . . . .	" "	
<i>Centropogon Lucianii</i> . . . .	keine	
<i>Campanula medium</i> L. . . . .	schwach	
<i>Chelidonium majus</i> L. . . . .	deutlich	
<i>Dorstenia erecta</i> VELL. . . . .	schwach	
<i>Euphorbia Regis-Jubae</i> WEBB.	sehr deutlich	
" <i>globosa</i> SIMS. . . . .	" "	
" <i>splendens</i> BOJ. . . . .	" "	
" <i>mammillaris</i> L. . . . .	" "	
" <i>canariensis</i> L. . . . .	schwach	
" <i>Characias</i> L. . . . .	sehr schwach	
" <i>coerulescens</i> HAW. . . . .	keine	
<i>Ficus elastica</i> hort. . . . .	sehr deutlich	
<i>Galactodendron utile</i> H. B. e. K.	" "	
<i>Homalanthus populneus</i> PAX .	keine	In der Asche wenig Mg nachweisbar
<i>Hoja rotundifolia</i> SIEB. . . . .	sehr deutlich	
<i>Jatropha podagrica</i> HOOK. . . .	keine	
<i>Musa Martini</i> hort. . . . .	keine	
<i>Nerium Oleander</i> L. . . . .	sehr deutlich	
<i>Papaver orientale</i> L. . . . .	keine	
<i>Scorzonera hispanica</i> L. . . . .	sehr deutlich	
<i>Sonchus</i> sp. . . . .	deutlich	
<i>Syngonium</i> sp. . . . .	schwach	
<i>Taraxacum officinale</i> WIGG. .	"	
<i>Vinca minor</i> L. . . . .	keine	



c) Chlor.

Unter den für den Nachweis von Chloriden empfohlenen Reactionen steht wohl die mit Thalloverbindungen oben an. Salzsäure und lösliche Chloride geben mit Thalloverbindungen sehr charakteristische tesserale Krystalle von Thallochlorid. Es sind meist kurze, kleeblattartige oder dolchartige Durchkreuzungsformen, sechsstrahlige Sterne, die insgesamt in Folge der starken Lichtbrechung im durchfallenden Lichte fast schwarz, im auffallenden weiss erscheinen.

Ich bringe den Milchsafttropfen mit einem Tropfen einer concentrirten Lösung von Thaliumsulfat auf dem Objectträger zur Vereinigung, ohne mit dem Deckglas zu bedecken.

Zur Controlle führe ich den Nachweis auch mit Silbernitrat. Man erhält in diesem Falle bei Anwesenheit von Chloriden zunächst einen weissen amorphen Niederschlag, der auf Zusatz von Ammoniak beim Erwärmen sich löst und beim langsamen Verdunsten des Lösungsmittels in kleinen Würfeln, Oktaëdern, Combinationen derselben oder in kreuz- und kleeblattartigen Formen herausfällt. Auch diese Krystalle erscheinen im auffallenden Lichte besonders nach einiger Zeit in Folge der Abscheidung von Silber dunkel.

Eine Verwechselung des Chlors mit Jod oder Brom dürfte wohl bei Milchsäften und bei höheren Pflanzen ausgeschlossen sein, da sich die beiden letzten Halogene in nachweisbaren Mengen nach unseren derzeitigen Erfahrungen nicht vorfinden dürften <sup>1)</sup>.

Der Gehalt an Chlor im Milchsafte stellte sich als recht verschieden heraus: während gewisse Pflanzen viel Chloride im Milchsafte enthalten (*Brosimum microcarpum* SCHOTT., *Centropogon Lucianii*, *Euphorbia splendens* BOJ., *E. coerulescens* HAW., *E. Regis-Jubae* WEBB., *E. globosa* SIMS., *E. mammillaris* L., *E. Characias* L., *Homalanthus populneus* PAX, *Hoja rotundifolia* SIEB., *Jatropha podagrica* HOOK., *Nerium Oleander*, L., *Pedilanthus tithymaloides* POIT.), zeigen andere mässige Mengen (*Alocasia violacea* hort., *Campanula medium* L., *Ipomoea purpurea*, *Papaver orientale* L., *Sonchus* sp.) und endlich wieder andere keine direct nachweisbaren Quantitäten (*Alstonia scholaris* R. BR., *Chelidonium majus* L., *Ficus elastica* hort., *Morus* sp.)

---

<sup>1)</sup> Vergl. über die Controlle des Chlornachweises noch A. F. W. SCHIMPER, l. c., S. 212.

d) Salpeter- und Phosphorsäure.

A. F. W. SCHIMPER<sup>1)</sup> hat bereits einige Milchsäfte und deren Asche auf verschiedene anorganische Körper (Kali, Kalk, Magnesia, Schwefelsäure etc.) unter anderen auch auf Salpeter- und Phosphorsäure geprüft. Bei den von ihm untersuchten Milchsäften und Gummiharzen erhielt er keine Reaction auf anorganische Säuren, hingegen konnte er in der Asche Phosphorsäure oft reichlich, mitunter wenig oder gar keine nachweisen.

Salpetersäure. Die Prüfung auf diese Säure mittelst Diphenylamin<sup>2)</sup> ergab meistens kein positives Resultat [*Alocasia Maximiliana* hort., *Carica Papaya* L., *Dorstenia eracta* VELL., *Campanula medium* L., *Centropogon Lucianii*, *Euphorbia globosa* SIEMS., *E. Lathyris* L., *E. splendens* BOJ., *E. canariensis* L., *E. Characias* L., *E. coerulescens* HAW., *E. Regis-Jubae* WEBB., *Ficus elastica* hort., *Hoja rotundifolia* L., *Homalanthus populneus* PAX, *Pedilanthus tithymaloides* POIT.], doch gab es Ausnahmen, wo Nitrate in ziemlicher, ja mitunter in grossen Mengen vorkommen, wie z. B. beim Stengelmilchsaft von *Jatropha podagrica* HOOK., *Brosimum microcarpum* SCHOTT., *Papaver orientale* L. und *Chelidonium majus* L.

Phosphorsäure. Mittelst des Ammoniummolybdats<sup>3)</sup> wird direct im Milchsaft meist keine Phosphorsäure angezeigt, hingegen fast immer in der Asche, und zwar häufig in intensiver Weise. Direct geben die Reaction nach einiger Zeit *Musa Martini* hort. und *Cecropia peltata* L. — Da die Reaction gewöhnlich erst in der Asche eintritt, so ist wohl die Annahme gestattet, dass im Milchsaft der Phosphor in diesem Falle in organischer Bindung vorkommt.

3. Organische Körper.

a) Ueber Kautschuk, Harz und Fett.

In dem vorhergehenden Abschnitte über die Organisation des Milchröhreninhaltes war von verschiedenen Inhaltskörpern die Rede,

1) A. F. W. SCHIMPER, l. c., S. 228.

2) H. MOLISCH, Ueber den mikroskopischen Nachweis von Nitraten und Nitriten in der Pflanze mittelst Diphenylamin oder Brucin. Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1883, S. 150. Vergl. ferner: H. MOLISCH, Ueber einige Beziehungen zwischen anorganischen Stickstoffsalzen u. d. Pflanze, Sitzber. d. Kais. Akad. der Wissensch. zu Wien, I. Abth., Jg. 1887, S. 221.

3) A. HANSEN, Ueber Sphärokrystalle, Arbeiten des Würzburger Institutes, Bd. 3, S. 96.

welche in bestimmten lebenden Gebilden des Protoplasmas, d. h. entweder in Vacuolen oder Leukoplasten entstehen. — Neben diesen giebt es aber bekanntlich in zahlreichen Milchsäften auch Kügelchen, von denen wir heute nicht wissen, ob sie innerhalb des Plasmas entstehen und dann von diesem in den eigentlichen Milchsaft ausgestossen werden oder ob sie in dem letzteren direct auftreten. — Diese Kügelchen sind entweder unmessbar klein, fast an der Grenze der mikroskopischen Wahrnehmung (*Euphorbia*) oder sie erreichen die Grösse von mehreren Mikron, wie die Kautschukkügelchen der *Artocarpeen*, *Moreen* und anderer. Dazwischen giebt es mannigfache Uebergänge.

Was nun die chemische Zusammensetzung anbelangt, so kennen wir dieselbe eigentlich nur auf Grund der makrochemischen Analyse. Da man beispielsweise bei der Analyse des Milchsaftes von *Ficus elastica* hort. Kautschuk, in *Euphorbia*-Arten vorzugsweise Harz gefunden hat, so war man gewissermaassen berechtigt, die Kügelchen des *Ficus*-Milchsaftes, welche ja hier unter den geformten Bestandtheilen die Hauptmasse ausmachen, als Kautschuk anzusprechen und die ausserordentlich kleinen, in lebhafter BROWN'scher Molecularbewegung befindlichen Kügelchen der *Euphorbia* als Harz zu deuten. Volle Sicherheit indess würde man aber über die chemische Natur dieser Kügelchen erst erhalten, wenn es gelänge, direct im Mikroskop ihre Kautschuk-, Harz- oder Fettnatur zu erweisen.

Ich habe viele Versuche angestellt, um mikrochemische Methoden ausfindig zu machen, welche es gestatten würden, z. B. Kautschukkügelchen von Kügelchen des Harzes zu unterscheiden und im Milchsaft mikrochemisch als solche nachzuweisen, allein ich bemerke gleich im Voraus, dass mich meine Resultate nicht befriedigt haben. Immerhin will ich einige Thatfachen anführen, welche bei der mikrochemischen Analyse Beachtung verdienen.

Wenn man auf die Kügelchen des Milchsaftes von *Ficus elastica* absoluten Alkohol einwirken lässt — ich werfe das mit einem Milchsafttröpfchen versehene Deckgläschen in eine mit absolutem Alkohol gefüllte Glasdose — so löst sich der grösste Theil des Kügelchens auf, es bleibt aber ein unlöslicher Rest. Bei *Broussonetia papyrifera* und *Ficus Carica* kann auch eine Art Hülle zurückbleiben. Daraus geht hervor, dass diese Kügelchen zum mindesten aus 2 Substanzen bestehen, einer in absolutem Alkohol löslichen und einer darin unlöslichen. Diese letztere dürfte vornehmlich aus Kautschuk bestehen, da ja Kautschuk gleichfalls in Alkohol unlöslich ist, und da sich dieser Rest bei Zufluss von Wasser und bei sanftem Druck auf das Deckglas leicht zu wurstartigen Massen ballen lässt, die die physi-

kalischen Eigenschaften des Kautschuks — soweit dies bei so kleinen Mengen möglich ist — erkennen lassen.

Lösend wirken auf die genannten Kügelchen auch Aether, Benzol und Schwefelkohlenstoff. Hingegen sind sie unlöslich in Wasser, Glycerin, verdünnten Säuren und Alkalien.

Bei Behandlung mit Chloralhydratlösung (5 Theile Chloralh. auf 2 Theile Wasser) quellen sie unter dem Deckglas fast momentan um das Mehrfache ihres Volumens oft zu unregelmässigen amöbenartigen Klümpchen auf, die sich dann noch zu grösseren Ballen vereinigen können.

In der botanischen Mikrochemie habe ich nichts Bemerkenswerthes über den Nachweis des Kautschuks vorgefunden, und es ist thatsächlich nicht gerade leicht und in allen Fällen möglich, Kautschukkügelchen von Fett- oder Harztröpfchen zu unterscheiden. Denn die Löslichkeitsverhältnisse der 3 genannten Substanzen stimmen vielfach überein, und Osmiumsäure bräunt nicht bloss Fett-, sondern auch Kautschuktröpfchen.

Ebenso färbt Alkanna nicht nur Fette und ätherische Oele, sondern auch Kautschuktröpfchen.

Hervorheben möchte ich, dass Kautschuktröpfchen von *Ficus elastica* und vielen anderen von mir geprüften Pflanzen mit conc. Zuckerlösung und Schwefelsäure sehr schön die RASPAIL'sche Reaction geben, sich also in verschiedenen Nuancen roth-violett färben. Sie fliessen hierbei oft zu grösseren Ballen zusammen. Diese Färbung beruht nicht etwa auf einer Reaction von Eiweiss, welches bei *Ficus elastica* laut der MILLON'schen und der Xanthoproteinprobe im Milchsafte nur in geringer Menge vorkommt, sondern auf einer durch die Kautschukkügelchen hervorgerufenen Reaction, die nicht überraschen darf, da ja bekanntlich die RASPAIL'sche Reaction nicht bloss mit Eiweiss, sondern auch mit Fett (z. B. Fetttröpfchen der Kuhmilch) und Harz eintritt<sup>1)</sup>. Dass auch Kautschukkügelchen die Reaction geben, war meines Wissens bisher nicht bekannt.

Von Bedeutung für die Unterscheidung ist ferner, dass Kautschuk im Gegengensatz zu Fett keinen bleibenden Fettfleck auf Papier hinterlässt und dass sich Kautschuk unter dem Mikroskop nicht verseifen lässt, was in vielen Fällen mit Fetten mikroskopisch direct gelingt (vergl. S. 36).

---

1) Vergl. darüber F. KRASSER, Untersuchungen über das Vorkommen von Eiweiss etc., Sitzungsber. d. Kais. Wiener Akad., I. Abth., Dez. 1886, S. 124.

Um zu einem halbwegs sicheren Urtheil zu gelangen, wird man möglichst viele Eigenschaften des Kautschuks prüfen müssen, und selbst, wenn diese zutreffen sollten, möchte ich Vorsicht in der Schlussfolgerung empfehlen, besonders wenn nicht schon eine makroskopische Analyse Kautschuk erwiesen haben sollte.

Unter den milchenden Bäumen genießt der sogenannte Kuhbaum, *Galactodendron utile* H. B. e. K., seit seiner Entdeckung durch ALEX. v. HUMBOLDT<sup>1)</sup> eine gewisse Berühmtheit. Während seines Aufenthaltes in Südamerika hörte er viel von einem Baum sprechen, dessen Saft eine nährnde Milch sei und die ganz in derselben Weise benutzt werde wie Kuhmilch. Diesen Baum traf er, als er auf dem Rückweg von Porto Cabello nach den Thälern von Araguay an eine Meierei, namens Barbula, kam. Hier konnte er sich selbst überzeugen, dass der Baum, sobald man in denselben Einschnitte macht, eine milde, ziemlich dicke, balsamisch riechende Milch reichlich ausfließen lässt, von welcher er selbst viel trank und welche die Neger als eine gesunde Nahrung benutzen. „Alles“ — sagt er — „was sich auf die Milch oder auf die Getreidearten bezieht, hat ein Interesse für uns, das sich nicht auf die physikalische Kenntniss der Gegenstände beschränkt, sondern einem anderen Kreise von Vorstellungen und Empfindungen angehört. Wir vermögen uns kaum vorzustellen, wie das Menschengeschlecht bestehen könnte ohne mehligte Stoffe und ohne Milch. Das Stärkemehl des Getreides, das bei so vielen alten und neueren Völkern ein Gegenstand religiöser Verehrung ist, kommt in den Samen und Wurzeln der Gewächse vor; die nährnde Milch dagegen erscheint uns als ein ausschliessliches Product der thierischen Organisation. Diesen Eindruck erhalten wir von Kindheit auf, daher denn auch das Erstaunen, womit wir den Kuhbaum oder Milchbaum betrachten. Was uns hier so gewaltig ergreift, sind nicht prachtvolle Wälderschatten, majestätisch dahinziehende Ströme, von ewigem Eis starrende Gebirge: ein paar Tropfen Pflanzensaft führen uns die ganze Macht und Fülle der Natur vor das innere Auge. Am kahlen Abhange eines Felsens wächst ein Baum, dessen Blätter dürr und zähe sind; seine dicken holzigen Wurzeln haben Mühe, in das Gestein einzudringen; mehrere Monate des Jahres befeuchtet kein erquickender Regen sein Laub, die Aeste erscheinen abgestorben und vertrocknet; bohrt man aber den Stamm an, dann entfließt ihm eine milde und nährnde Milch. Bei Sonnen-

---

1) ALEX. v. HUMBOLDT's Leben und Wirken, Reisen und Wissen. Ein biographisches Denkmal von H. KLENKE, 7. Aufl. 1876, S. 108—110.

aufgang ist diese vegetabilische Quelle am reichsten; es kommen alsdann von allen Seiten Neger und Eingeborene, mit grossen Näpfen versehen, um die Milch zu sammeln, welche sehr bald an der Oberfläche gelb und dick wird. Einige leeren ihre Näpfe unter dem Baume selbst aus, andere bringen das Gesammelte ihren Kindern — man glaubt den Haushalt eines Hirten zu sehen, der die Milch seiner Herde vertheilt“.

Später untersuchte BOUSSINGAULT<sup>1)</sup>, angeregt durch ALEX. v. HUMBOLDT, in der Heimath des Kuhbaums den Milchsaft und konnte darin nachweisen einen dem Bienenwachs ähnlichen Fettkörper (une substance grasse semblable à la cire d'abeilles), aus welchen er Kerzen machen konnte, ferner eine eiweissartige Substanz, Zucker und Salze. Seine Analyse ergab:

Wachs und verseifbare Substanz . . . . .	35,2	
Zucker und Analoges . . . . .	2,8	
Casein, Albumin . . . . .	1,7	} 4,0
Erden, Alkalien, Phosphate . . . . .	0,5	
Unbestimmtes . . . . .	1,8	
Wasser . . . . .	58,0	
	<hr/>	
	100,0	

Auf Grund dieser Analyse kommt BOUSSINGAULT zu der Ansicht, dass der Milchsaft des Kuhbaumes thatsächlich in der Zusammensetzung sich der Kuhmilch nähert, insofern er Fett, Zucker, Eiweiss und Phosphate enthält.

Ich hatte Gelegenheit, den Milchsaft von *Galactodendron utile* auf Java, wo er in Tjikemeuh versuchsweise cultivirt wird, und ferner bei Glashausexemplaren in Prag zu untersuchen und theile darüber folgendes mit: Unter dem Mikroskop hat der Milchsaft im Aussehen eine grosse Aehnlichkeit mit dem von *Ficus elastica*. In beiden Fällen liegt eine Emulsion vor von einer Anzahl kleiner Kügelchen, die zwar bei *Galactodendron* viel kleiner sind, sonst aber in ihrer Löslichkeit und in anderen Eigenschaften mit denen von *Ficus elastica* ziemlich übereinstimmen. Die Tröpfchen sind in Alkohol grossentheils löslich, sie sind leicht löslich in Aether, Benzol und Schwefelkohlenstoff. Sie fliessen leicht zusammen besonders bei Behandlung mit verdünntem Alkohol unter gleichzeitiger Einwirkung von Druck mit dem Deckglas. Man erhält auf diese Weise eine rahmartige, fadenziehende, mit russender Flamme leicht brennbare Masse, welche auf Seidenpapier beim Erwärmen keinen

2) BOUSSINGAULT, Sur la composition du lait de l'arbre de la vache (*Brosimum galactodendron*), Comptes rendus, 1878, T. 87, S. 277.

Fettfleck, und beim Erhitzen keine Acroleinreaction giebt. Ich wäre daher geneigt, die Kügelchen, weil sie sich ebenso verhalten wie die von *Ficus elastica*, als Kautschuktröpfchen anzusprechen, obwohl man von Vornherein nach der Analyse BOUSSINGAULT's hätte vermuthen können, dass die Kügelchen aus einer wachsähnlichen Substanz (cire) bestehen dürften.

Darauf, dass die Milch des Kuhbaumes ebenso wie die von *Ficus elastica* hirt. sich durch eine ungeheure Menge einer leicht in Sphäriten anschliessenden Magnesiaverbindung auszeichnet, wurde bereits früher hingewiesen.

#### b) Eiweiss.

Ist für die Beurtheilung der Function der Milchröhren die Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Milchsaftes überhaupt von Bedeutung, so gilt dies insbesondere von jenen Stoffen, welche nach allen unseren Erfahrungen in der Pflanze eine wichtige Rolle spielen, wie Eiweiss, Stärke, Zucker u. s. w.

Bereits im vorigen Abschnitte wurde darauf hingewiesen, dass die Milchröhren gewisser Pflanzen eine so grosse Menge von Proteinkörnern enthalten, dass man das ganze Milchröhrensystem geradezu als ein Reservoir von geformtem Eiweiss bezeichnen muss. Ausgezeichnete Beispiele dafür sind *Cecropia peltata* L. und *Brissia microcarpum* SCHOTT.

Gleichfalls reich an Eiweiss, und zwar in Form von Eiweisskrystallen, wenn auch nicht in dem Maasse, wie bei den eben genannten Pflanzen, erweisen sich *Nerium Oleander* L., *Allamanda Schottii* Hook., *Musa*-Arten und wahrscheinlich *Amorphophallus Rivieri* DUR.

Da nach unseren derzeitigen Erfahrungen jede in Function befindliche Milchröhre einen Plasmaschlauch enthält und da in jedem Plasma als integrierender Bestandtheil Eiweiss angenommen wird, so sind schon aus diesen Gründen Proteinkörper im Milchröhreninhalt anzunehmen, und es darf daher nicht Wunder nehmen, dass der Milchröhreninhalt auch da, wo das Eiweiss weder in Form von Körnern noch in Form von Krystallen auftritt, häufig die Eiweissreactionen giebt. Wir wollen es in solchen Fällen dahingestellt sein lassen, ob dieses Eiweiss im Plasmaschlauch allein vorkommt, oder ob es nicht auch in dem vom Plasmaschlauch umschlossenen Milchsaft (im engeren Sinne) enthalten ist, von Wichtigkeit bleibt, dass über-

haupt in den Milchbehältern Körper, die die Eiweissreactionen geben, auftreten.

Die Analysen der technisch verwendeten Milchsäfte (Kautschuk, Guttapercha, Balata) und einiger anderer beweisen bereits das Vorkommen von Eiweiss, indess ist unsere Kenntniss darüber noch ziemlich gering. Namentlich mikrochemische Untersuchungen auf Eiweiss wurden mit Milchsäften so gut wie gar nicht ausgeführt.

Hervorheben möchte ich noch, dass ich bei Prüfung eines Milchsaftes stets mehrere Eiweissreactionen versucht habe und zwar die MILLON'sche, Xanthoproteinsäure- und RASPAIL'sche Reaction. Was die letztere anbelangt, so gelingt dieselbe zwar mit sehr vielen Milchsäften in ausserordentlich schöner Weise, allein ich habe bereits auf S. 54 darauf hingewiesen, dass diese Reaction allein für Eiweiss nichts beweist, da Harze, Kautschuk und Fette, lauter Körper, die in vielen Milchsäften vorkommen, diese Probe gleichfalls geben.

Zu beachten bleibt ferner, dass manche Stoffe gewisser Milchsäfte der Reaction hindernd in den Weg treten, so entsteht z. B. in dem Milchsaft von Musa-Arten, *Scorzonera hispanica* L., oder *Jatropha podagrica* HOOK. bei Ausführung der MILLON'schen Reaction eine schwärzlich braune Fällung, die die Eiweissreaction möglicherweise deckt.

Die MILLON'sche Reaction tritt häufig viel schärfer und deutlicher zu Tage als die Xanthoproteinsäure-Reaction, es ist daher nicht ausgeschlossen, dass neben Eiweiss auch Abkömmlinge der Proteinkörper, z. B. Tyrosin etc., Ursache der Reaction sind. Diese Erwägungen im Auge behaltend, werden wir gut thun, das Zutreffen der angeführten Proben in der Weise zu interpretiren, dass wir vorläufig sagen: die Reactionen deuten auf das Vorhandensein von Eiweiss oder deren Abkömmlinge.

Die folgende Tabelle giebt eine Zusammenstellung der erhaltenen Resultate.

Mit dem Vorkommen gelöster Eiweisskörper und vielleicht noch anderer colloidalen Stoffe hängt das so häufig zu beobachtende Gerinnen der Milchsäfte zusammen.

VON HÖHNEL und JAMES COLLINS<sup>1)</sup> haben bereits auf die verschiedenen Methoden hingewiesen, die zur Gerinnung des Milchsaftes bei der Kautschukgewinnung in den Tropen angewendet werden. Man bedient sich hierbei der Wärme, eines Zusatzes von Wasser

---

1) FR. CLOUTH, Gummi, Guttapercha und Balata, Leipzig 1899, S. 50.



Milchsaft von	MILLON'sche Reaction	Xanthoprotein- säure-Reaction	RASPAIL'sche Reaction
<i>Alstonia scholaris</i> R. BR. . . .	undeutlich	undeutlich	deutlich
<i>Allamanda Schottii</i> HOOK. . . .	deutlich	schwach	sehr deutlich
<i>Amorphophallus Rivieri</i> DUR. . .	keine, Milchsaft färbtsichschwarz	sehr deutlich	deutlich
<i>Acer platanoides</i> L. . . . .	sehr deutlich	θ	„
<i>Alocasia violacea</i> hort. . . . .	schwärzliche Färbung	deutlich	„
<i>Broussonetia papyrifera</i> L. . . .	sehr deutlich	schwach	sehr deutlich
<i>Carica Papaya</i> L. . . . .	„ „	„	„ „
<i>Campanula medium</i> L. . . . .	„ „	sehr deutlich	„ „
<i>Euphorbia Characias</i> L. . . . .	sehr schwach	keine	deutlich
„ <i>Lathyrus</i> L. . . . .	„ „	„	schwach
<i>Ficus elastica</i> hort. . . . .	undeutlich	undeutlich	deutlich
<i>Humulus Lupulus</i> L. . . . .	keine (schmut- zig grün)	sehr deutlich	sehr deutlich
<i>Homalanthus populneus</i> PAX . . .	deutlich	deutlich	deutlich
<i>Lobelia Erinus</i> . . . . .	deutlich	schwach	schwach
<i>Musa chinensis</i> SWEET. . . . .	zuerst schmut- zig grün, dann schwarz und zuletzt in der Umgebung roth	zuerst violett, dann gelb- braun	sehr deutlich
<i>Mulgedium</i> sp. . . . .	sehr deutlich	sehr deutlich	sehr deutlich
<i>Nerium Oleander</i> L. . . . .	deutlich	„ „	deutlich
<i>Papaver orientale</i> L. . . . .	undeutlich	zuerst violett, dann gelb- braun	sehr deutlich
<i>Pedilanthus tithymaloides</i> PORT. .	sehr deutlich	sehr deutlich	„ „
<i>Sonchus</i> sp. . . . .	„ „	„ „	„ „
<i>Scorzonera hispanica</i> L. . . . .	schwärzl. Färb., am Rande roth	„ „	„ „
<i>Taraxacum offic.</i> WIGG. . . . .	sehr deutlich	„ „	„ „
<i>Vinca minor</i> L. . . . .	keine	keine	keine

und anderer Körper, wie Alaun, Schwefelsäure, Seesalz, Seifenwasser u. s. w.

Der Umstand, dass höhere Temperatur, Säuren, Salze und Alkohol eine Gerinnung löslicher Eiweisskörper hervorrufen, deuten wohl darauf hin, dass es sich hier um Fällung von Proteinkörpern handeln dürfte, die vorhandene Kautschuktröpfchen mitreissen und zu einem Kuchen, gröberen Brocken und Häuten vereinigen. Auch dürfte das Zusammenfliessen von Kautschuk und anderen in Milchsaft suspendirten Kügelchen häufig dem Gerinnen ähnliche Er-

scheinungen hervorrufen. Es ist auch schon lange bekannt, dass man durch Zusatz von Ammoniak, wahrscheinlich weil es das Eiweiss in Lösung erhält, die Gerinnung von Milchsäften geradezu verhindern kann, doch ist dies keineswegs eine allgemeine Eigenschaft der Milchsäfte, da ich gefunden habe, dass namentlich gerbstoffhaltige Milchsäfte, z. B. der von Musa-Arten und vielen Aroideen bei Zusatz von Ammoniak momentan erstarren.

Die Ansicht, dass das Ammoniak auch in dem Saft innerhalb der Pflanze die Gerinnung verhindert, ist sicherlich unrichtig. In dem sonst sehr nützlichen, aber an chemischen Irrthümern reichen Werke von SEMLER heisst es: „Es wird angenommen, dass die Kautschuk-kügelchen in dem Saft von Ammoniak schwebend und getrennt gehalten werden, das seine Gegenwart in dem frisch gezapften Saft durch den ihm eigenthümlichen scharfen Geruch verräth<sup>1)</sup>. Freies Ammoniak ist ein für die Zelle ausserordentlich heftiges Gift, es könnte in den Milchröhren nicht bestehen, ohne das Plasma zu schädigen, auch kann man sich leicht überzeugen, dass schon ausserordentlich kleine Mengen von Ammoniak, welche den Milchsäften zugeführt werden, häufig Gelbfärbung hervorrufen, während die Farbe solcher natürlicher Milchsäfte eine rein weisse ist.

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass viele von den Mitteln, welche eine Gerinnung des menschlichen und thierischen Blutes herbeiführen, hemmen oder verhindern, auch bei den Milchsäften entsprechende Wirkungen ausüben. Eine genauere Analyse des Gerinnungsvorgangs beim Milchsaft auf Grund der entsprechenden Erfahrungen mit Blut<sup>2)</sup> wäre sehr wünschenswerth und von grossem Interesse, wäre aber mit Erfolg nur in den Tropen durchzuführen, da wir im heimischen europäischen Klima über zu kleine Mengen frischen Milchsaftes verfügen.

#### e) Fermente.

Der Melonenbaum *Carica Papaya* L. enthält, wie die Untersuchungen verschiedener Forscher ergeben haben, in seinem Milchsaft zwei Fermente: ein Casein fällendes, welches Kuhmilch gerinnen macht und ein Eiweiss verdauendes (Papayin, Papayotin). Bevor ich näher darauf eingehe, sei hier über das mikroskopische Aussehen und Verhalten des Milchsaftes einiges gesagt.

---

1) H. SEMLER, Die tropische Agricultur, Bd. 2, Wismar 1887, S. 590.

2) W. D. HALLIBURTON, Lehrbuch der chemischen Physiologie und Pathologie, Heidelberg 1893, S. 230.

Der Milchsaft ist ziemlich dickflüssig und erstarrt alsbald zu einer weichen weisslichen Masse. Er setzt sich vorzugsweise zusammen aus kokkenähnlichen dichtgelagerten Körnchen von ausserordentlicher Kleinheit, welche dem Milchsaft ein feingranulirtes Aussehen verleihen. Abgesehen von den bereits auf S. 13 erwähnten kleinen runden Zellkernen befinden sich hier zahlreiche bis etwa  $50\ \mu$  grosse Vacuolen, von denen manche einen oder einige wenige Kryställchen von rundem oder polygonalem Umriss in BROWN'scher Molecularbewegung tanzend führen. (Fig. 21 v.)

Ein höchst merkwürdiges Verhalten zeigt der Milchsaft bei Berührung mit Wasser. Bedeckt man ein auf dem Objectträger befindliches Tröpfchen frischen Milchsaftes mit einem Deckglas und lässt nun von der Seite Wasser zufließen, so sieht man die oben erwähnten

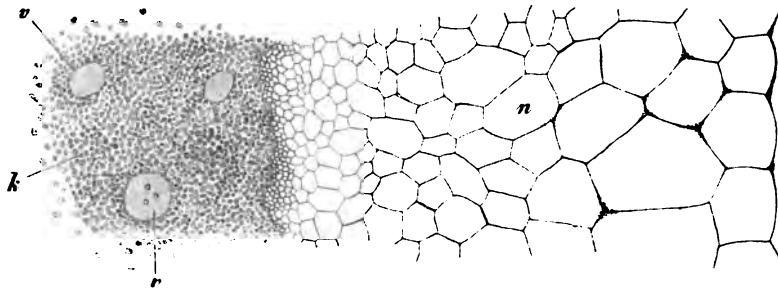


Fig. 21. Milchsaft von *Carica Papaya* L., links intact, rechts nach Zufluss von destillirtem Wasser. Vergr. ca. 600. Der Milchsaft besteht aus zahllosen Kügelchen *k*, dazwischen eingestreut erscheinen in der Figur Vacuolen *v*. Bei Zufluss von Wasser tritt an Stelle der Kügelchen ein wabenartiges Netz *n*.

Körnchen verschwinden und an ihre Stelle ein wabenartiges Netz auftreten, das an Protoplasma von wabenartigem Bau lebhaft erinnert. An der Grenze zwischen Wasser und Saft sind die Waben gross, gegen das Innere des Präparates zu, wo das Wasser schweren Zutritt hat, werden sie kleiner und kleiner. (Fig. 21.)

Der Milchsaft beziehungsweise die aus den kleinen Körnchen bestehende Masse giebt die MILLON'sche, RASPAIL'sche und Xanthoproteinreaction und speichert Jod- und Farbstoffe, z. B. Säurefuchsin, Anilinviolett und andere. Dass der Saft ungemein eiweissreich ist, kann keinem Zweifel unterliegen.

Einen sehr ähnlichen Milchsaft besitzt *Carica hastaefolia*, die wabige Structur desselben bei Zufluss von Wasser tritt auch hier auf, die Vacuolen finde ich jedoch viel seltener und sind kleiner.

Eine sorgfältige Literaturzusammenstellung über die zerstreuten Bemerkungen verschiedener Autoren betreffend die Wirksamkeit des Milchsafes sowie die ersten Versuche über den sehr merkwürdigen Milchsafte des Melonenbaumes verdanken wir WITTMACK <sup>1)</sup>. Er konnte sowohl mit frischem Milchsafte, der von frischen in Europa gezogenen Früchten herrührte, als auch mit eingetrocknetem, aus den Tropen erhaltenem zeigen, dass der Milchsafte die Kuhmilch gerinnen, Fleisch mürbe und Eiweiss verdauen macht. Auch hebt er eine eigenthümliche Wirkung auf flüssiges Hühnereiweiss hervor: „Dies gerinnt, mit Caricasafte versetzt und erhitzt, niemals völlig; es wird bei 60° zwar undurchsichtig, bei 65° etwas gelatinös, aber bei 70° schon wieder dünnflüssiger, bis es bei 80° C sogar eine milchige Flüssigkeit bildet, welche Consistenz es auch bei 100° C beibehält. Eingetrocknet zeigt diese milchige Masse alle chemischen Eigenschaften der Peptone, es ist also das Eiweiss in der That durch den Caricasafte in lösliches Eiweiss (Pepton umgewandelt)“<sup>2)</sup>. Später haben WURTZ und BOUCHUT und ferner HANSEN <sup>3)</sup> über die enzymatischen Eigenschaften des Carica-Milchsafes gearbeitet.

Indem ich auf die Versuche HANSEN's, in denen die Wirkungen des Milchsafes von *Carica Papaya* L. klar hervortreten und aus denen auch das Auftreten eines peptonisirenden, caseinfällenden und diastatischen Enzyms hervorgeht, besonders verweise, wird es genügen, wenn ich erwähne, dass ich mich sowohl bei *Carica Papaya* L. als auch bei *C. hastaeifolia* — beide in meinem Institutsgewächshause gezogen — von der Anwesenheit der beiden Fermente überzeugen konnte, und zur Bekräftigung dessen hier nur einige Versuche über Milchgerinnung folgen lasse.

Vers. 1. Zwei Eprouvetten A und B wurden mit je 10 ccm frischer Kuhmilch gefüllt. Temperatur der Milch 17° C. Zu A wurden 3 kleine Tröpfchen frischen Milchsafes aus den durchschnittlichen Blattstiel von *Carica hastaeifolia* zugefügt. Nach 15 Minuten

---

L. WITTMACK, Sitzungsber. der Ges. naturf. Freunde z. Berlin, 1878. Siehe auch Botan. Zeitung, 1878, S. 532 und 1880, S. 143, 175, 236. Vergl. auch: C. OPPENHEIMER, Die Fermente und ihre Wirkungen, Leipzig 1900, S. 134.

2) WURTZ und BOUCHUT, Sur le ferment digestif du *Carica Papaya*, Comptes rendus. Bd. 89, (1879). Ferner WURTZ, ebenda, Bd. 90 (1880).

3) A. HANSEN, Ueber Fermente und Enzyme. In den Arbeiten des Würzburger Institutes, Bd. 3, 1888, S. 275. Von späterer Literatur sei noch hervorgehoben SIDNEY H. MARTIN. Papainverdauung. Die Natur des Papain und seine Wirkung auf pflanzl. Albuminstoffe, Jahresber. über die Fortschritte der Thierchemie, Bd. 15 (1885) S. 249. Vergleiche ferner Bd. 24 (1894) S. 318—319.

war die Milch in A so geronnen, dass man die Eprouvette umkehren konnte, ohne dass die Milch hervorquoll. B war unverändert.

Vers. 2. Derselbe Versuch wie Versuch 1, doch wurde die Milch bis zum Siedepunkt rasch erhitzt. Die Milch in A gerann sofort, in B nicht.

Vers. 3. 1 ccm Kuhmilch mit 1 Tropfen Milchsaff versetzt, gerinnt bei 18° C nach einer Minute.

Es geht aus diesen 3 Versuchen hervor, dass auch der Milchsaff von *Carica hastaeifolia* Milch gerinnen macht und zwar in überraschend hohem Grade.

#### d) Leptomin.

Vor Kurzem hat RACIBORSKI<sup>1)</sup> gezeigt, dass in den Sieb- und Milchröhren aber auch in Parenchymzellen der Gefässpflanzen ein Körper vorkommt, der Guajaklösung welche etwas Wasserstoffsperoxyd enthält, bläut. Er nennt diesen Körper, weil er im Leptom sehr häufig localisirt erscheint, Leptomin. Nach dem genannten Autor wird das gelöste Leptomin durch kurzes Erwärmen auf 95° C zerstört, es ist im Wasser und Glycerin löslich, in Alkohol unlöslich und stellt im trockenen Zustande ein amorphes weisses Pulver dar.

RACIBORSKI hat ferner gezeigt, dass der Milchsaff der meisten Gefässpflanzen z. B. von *Euphorbia* in Folge seines Leptomingehaltes mit einer geringen Menge einer alkoholischen Lösung bestehend aus gleichen Theilen  $\alpha$ -Naphtol und Dimethylparaphenyldiamin und etwas Wasserstoffsperoxyd sich dunkel indigo bis schwarzblau färbt.

Um das Leptomin in den Sieb- und Milchröhren mikroskopisch nachzuweisen, verwendet RACIBORSKI Alkoholmaterial, da durch den Einfluss des Alkohols gewisse Oxydationsfermente, die namentlich ausserhalb der Leitungsbahnen ihren Sitz haben, zerstört werden, wodurch das Leptomin nun besser in Erscheinung tritt. Das Leptomin wird durch den Alkohol an Ort und Stelle gefällt und kann dann am besten mit  $\alpha$ -Naphtol und etwas Wasserstoffsperoxyd behandelt werden, wobei das Leptomin dunkelviolette Färbung annimmt. Die Milchröhren und Siebröhrenstränge treten dann ungemein deutlich hervor.

---

1) M. RACIBORSKI, Ein Inhaltskörper des Leptoms. Berichte der deutsch. botan. Ges., 1898, S. 52.

Derselbe, Weitere Mittheilungen über das Leptomin, ebenda, S. 119.

Derselbe, Einige Demonstrationsversuche mit Leptomin. Flora, 1898, S. 362.

Für mikroskopische Zwecke erhielt ich auch ausgezeichnete Resultate mit einer verdünnten alkoholischen  $\alpha$ -Naphtollösung allein, d. h. ohne Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd. Ich verwende dazu eine 15-proc. alkoholische  $\alpha$ -Naphtollösung, die mit Wasser so weit verdünnt wird, dass das  $\alpha$ -Naphtol herauszufallen beginnt. Dann füge ich soviel Alkohol hinzu, bis das ausgefallene  $\alpha$ -Naphtol sich wieder gelöst hat. Die Reaction lässt dann zwar länger auf sich warten, sie tritt jedoch viel intensiver auf und währt viel länger. Ich belasse die Schnitte in der Naphtollösung gewöhnlich 3—12 Stunden, länger aber nicht, da dann die Reaction häufig wieder verblasst.

Was nun zunächst die erwähnten Reactionen und Localisationen anlangt, welche auf locale Oxydationswirkungen hindeuten, so müssen dieselben jedenfalls als sehr bemerkenswerth bezeichnet werden; ich habe die Angaben RACIBORSKI's in verschiedenen Pflanzen unserer heimischen europäischen Flora nachgeprüft und kann die Richtigkeit derselben bestätigen, jedoch mit der Einschränkung, dass die Reaction sehr häufig auch mit Elementen eintritt, die mit Leptom und den Milchröhren nichts zu thun haben, so dass von einer Localisation des Sauerstoffüberträgers auf Milchsafte und Leptom nur selten die Rede sein kann. Zwar erwähnt der Verfasser selbst, dass auch viele Parenchymzellen die Reaction geben können, ja dass bei *Coleus* fast der ganze Querschnitt reagirt<sup>1)</sup>, allein das Vorkommen des Leptoms ausserhalb des Leptoms und der Milchröhren ist gewiss viel häufiger, als dies nach den Untersuchungen RACIBORSKI's zu sein scheint, denn ich konnte in vielen Fällen bei verschiedenen Pflanzenarten in den Bast-, Collenchym-, Phellogen- und Epidermiszellen Leptomin nachweisen.

Die Beschränkung des Leptoms auf das Leptom ist gewiss seltener als das gleichzeitige Vorkommen desselben in verschiedenen anderen Geweben.

Hierzu einige Beispiele, die sich auf die Guajakwasserstoff-Reaction an Alkoholmaterial beziehen.

Zur Untersuchung gelangten, wenn nichts anderes bemerkt ist, einjährige Stengel.

*Sambucus nigra* L. Der ganze Querschnitt (Collenchym, Bastzellen, deren Porenkanäle durch die blaue Farbe scharf hervortreten, Leptom, Markparenchym) färbt sich blau mit Ausnahme von Kork, Holzkörper und Gerbstoffzellen.

---

1) M. RACIBORSKI, Ein Inhaltskörper I. c., S. 58.

*Nerium Oleander* L. Der einjährige Stengelquerschnitt färbt sich tiefblau, mit Ausnahme des Holzes und der Milchröhren, besonders intensiv färben sich die Bastbelege.

*Vinca minor* L. Der ganze Querschnitt mit Ausnahme des Holzes und der Milhzellen, welche durch Absorption des Chlorophylls schon vorher im Alkohol schwarzgrüne Färbung angenommen haben, blau. Sehr stark gefärbt sind die Bastbelege und die Oberhautzellen.

*Chelidonium majus* L. Der ganze Wurzelquerschnitt stark blau mit Ausnahme des Holzkörpers.

*Cheiranthus Cheiri* L. Fast der ganze Querschnitt, der Holzkörper auch theilweise.

*Acorus Calamus* L. Wurzel. Mit Ausnahme der äusseren Endodermis, die sich nur sehr wenig färbt, der ganze Querschnitt tief blau.

*Capsella bursa pastoris*. Mark und ein Kranz von Rindenparenchymzellen um die Gefässbündel herum. Leptom nicht oder wenig gefärbt.

*Aristolochia Sipho* L'HÉRITÉ. Mark, Markstrahlen, Holzparenchym, nahezu die ganze Rinde.

*Carica Papaya* L. Der ganze Querschnitt des einjährigen Stengels blau.

*Cyperus alternifolius*. Der ganze Querschnitt.

Diejenigen Elemente, welche mit Guajak-Wasserstoffsuperoxyd reagiren, geben auch die Reaction mit  $\alpha$ -Naphtol, ich möchte dieser letzteren Reaction sogar den Vorzug geben, weil sie viel prägnanter ist. Bei der Guajak-Reaction tritt die Blaufärbung nicht bloss in den Elementen selbst auf, sondern auch in der Umgebung derselben, so dass oft schwer zu entscheiden ist, welche Blaufärbung primär, und welche secundär auftritt. Bei Anwendung von  $\alpha$ -Naphtol hingegen ist die Reaction streng localisirt, sie tritt nur da auf, wo der oxydirende Körper seinen Sitz hat. Wie scharf die Localisirung ausgeprägt ist, geht schon daraus hervor, dass z. B. bei der Epidermiszelle junger einjähriger Oleanderstengel sich ihre inneren Wände allseitig violett färben, aber nicht die Aussenwand. So wie die Nerium-Oberhautzelle sich anschickt, Korkzelle zu werden, verlieren auch ihre anderen Wände die Fähigkeit sich mit  $\alpha$ -Naphtol zu bläuen. Die Korkzellwand färbt sich nicht, wohl aber die eben abgegliederte Phellogenzelle.

Man kann ferner beobachten, dass der Inhalt vieler Parenchymzellen ungefärbt bleibt, während ihre Wände starke Violett-färbung

annehmen. Dasselbe gilt von den Bast(beleg)zellen und von den Leptomzellen bei Nerium.

Wenn sich Inhalt und Wand bläuen, so ist schwer zu sagen, ob der oxydirende Körper beiden primär angehört oder ob dieser erst postmortal dem Inhalt entzogen und von der Wand gespeichert wird. Bedenkt man jedoch, dass sehr häufig die Wand sehr intensive Reaction zeigt, der Inhalt aber keine, so liegt der Schluss nahe, dass die oxydirende Substanz auch in diesen Fällen schon von vornherein in der Zellhaut ihren Sitz hatte.

Da RACIBORSKI das Leptomin fast<sup>1)</sup> überall bei Gefäßpflanzen auffinden konnte, so will ich hervorheben, dass davon in den Wurzeln von *Althaea officinalis* von mir in älterem Alkoholmaterial nicht eine Spur nachgewiesen werden konnte.

✓ RACIBORSKI<sup>2)</sup> zieht aus seinen bemerkenswerthen Leptomin-Beobachtungen eine sehr inhaltsschwere Consequenz, die er in folgende Worte fasst: „Im Leben der Gefäßpflanzen scheint das Leptomin eine dem Hämoglobin der höheren oder dem Hämocyanin der niederen Thiere analoge Rolle zu haben, und zwar als ein mit Sauerstoff beladenes Vehikel die innere Athmung, also Austausch des Sauerstoffs zwischen den Siebröhren, Milchröhren und anderen es enthaltenden Zellen einerseits und dem umliegenden Gewebe zu unterhalten.“

Ohne im Mindesten die Möglichkeit, dass dem Leptomin ähnlich wie dem Hämoglobin eine respiratorische Function zukommt, bestreiten zu wollen, möchte ich nur zunächst bemerken, dass wir vorläufig nicht berechtigt sind, das Leptomin deshalb in Parallele mit dem Hämoglobin zu stellen, weil sich das Leptomin der Guajaklösung und anderen Chromogenen gegenüber ebenso verhält, wie das Hämoglobin, und weil noch keine Thatsache vorliegt, aus der hervorgehen würde, dass das Leptomin Sauerstoff locker bindet.

Wir wissen ja nicht einmal, ob das Leptomin schon in der lebenden Zelle katalysirend auf Wasserstoffsuperoxyd wirkt, und ein Zweifel in dieser Richtung erscheint wohl berechtigt, da ja das Hämoglobin als solches nicht auf Guajak bläuend wirkt, sondern erst ein Zersetzungsprodukt desselben.

Bekanntlich hat ALEX. SCHMIDT angenommen, dass der respiratorische Sauerstoff des Hämoglobins ozonirt sei und deshalb wirk-samer wäre als der O der atmosphärischen Luft. Wenn man ver-

---

1) M. RACIBORSKI, Weitere Mittheilungen über das Leptomin, l. c., S. 120—121.

2) M. RACIBORSKI, Ein Inhaltskörper etc., l. c., S. 62.



dünntes Blut auf mit Guajaktinctur getränktes und wieder getrocknetes Filtrirpapier tropfen lässt, so bildet sich zuweilen am Rande des Tropfens ein blauer Ring, ein Beweis, dass Blut ebenso wirkt, wie z. B. aus Wasserstoffsuperoxyd entbundenes Ozon. Allein PFLÜGER<sup>1)</sup> hat in einer eingehenden Kritik der SCHMIDT'schen Arbeit nachgewiesen, dass bei dem angegebenen Experiment fast augenblicklich eine Zersetzung des Hämoglobins eintritt und dass die Blaufärbung erst von einem Zersetzungsproducte desselben ausgeht. Es wäre daher möglich, dass das Leptomin auch erst postmortal die Fähigkeit erhält, auf Guajak und andere Chromogene zu wirken. Erinnern wir uns doch nur, dass die Oxydasen und damit verwandte Körper einen hohen Grad von Unbeständigkeit besitzen und unter Anderem eben deshalb einer chemischen Untersuchung so schwer zugänglich sind, erinnern wir uns ferner, dass nach den Versuchen PFEFFER's<sup>2)</sup> Ozon und selbst sehr schwach activirter Sauerstoff in der lebenden Zelle fehlt und dass deshalb gewisse Chromogene, die durch Wasserstoffsuperoxyd rasch gebräunt werden (Wurzelzellsaft von *Vicia faba*), sich in der lebenden Zelle intact erhalten und dass auch das Cyanin im lebenden Protoplasma keine Oxydation erfährt. — Das, was die Hämoglobine der Thiere auszeichnet, liegt bekanntlich darin, dass sie den Sauerstoff in grosser Menge locker binden und als molecularen Sauerstoff an die Gewebe wieder abgeben. Eine solche Bindung ist aber von RACIBORSKI für das Leptomin nicht nachgewiesen worden<sup>3)</sup>, und so lange ein derartiger Beweis fehlt, kann natürlich von einem Vergleich des Leptomins mit dem Hämoglobin, d. h. von einer respiratorischen Leistung des Leptomins oder von seiner Mitwirkung bei der Athmung nicht die Rede sein.

Es ist von Interesse, dass in den Milchröhren mancher Pflanzen neben dem Leptomin auch ein reducirender Körper vorkommt. Wenn man Schnitte durch die Wurzel von *Scorzonera hispanica* L. in eine etwa  $\frac{1}{10}$ —1proc. Silbernitratlösung taucht und darin 1 bis mehrere Stunden unter Abschluss von Licht belässt, so färbt sich der Inhalt der Milchröhren tief braunschwarz bis kohlschwarz infolge der Abscheidung von reducirtem Silber. Bei Anwendung von einer Kalium-

---

1) E. PFLÜGER, Beiträge zur Lehre von der Respiration, PFLÜGER's Archiv f. d. gesammte Physiologie etc., 1875, S. 251.

2) W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie, II. Aufl. S. 553.

3) M. RACIBORSKI, Ein Inhaltskörper etc., l. c. S. 61. „Wieviel Sauerstoff dank dem Leptomin in den Zellsäften enthalten ist, konnte ich — bei Mangel einer entsprechenden Pumpe — nicht ermitteln.“

permanganatlösung färbt sich der Inhalt der Scorzonera-Milchröhren gelbbraun.

Die reducirende Wirkung des Milchsafes giebt in analoger Weise wie RACIBORSKI's mikroskopische Methode des Leptominnachweises ein ausgezeichnetes Mittel an die Hand, die Lage und den Verlauf der Milchröhren in deutlicher Weise zur Anschauung zu bringen.

e) Gerbstoffe.

Bereits früher haben Anatomen auf das Vorkommen von Gerbstoff in gewissen Milchsäften aufmerksam gemacht und insbesondere die Milchröhren der Musaceen und Aroideen als ungemein gerbstoffreich erkannt<sup>1)</sup>. DE BARY weist schon auf Grund anatomischer That-sachen darauf hin, „dass unter dem Namen Milchröhren zur Zeit zweierlei ihrer Function nach nicht zusammengehörige Bildungen vereinigt sind, nämlich einerseits die vorwiegend Gerbstoff führenden der Aroideen und Musaceen, andererseits die gerbstoffärmeren oder gerbstofffreien und zu den Siebröhren in nächster Beziehung stehenden der übrigen milchenden Familien.“

Wenn auch anatomische Beziehungen zwischen den Gerbstoff führenden Milchröhren zu den Gerbstoffschläuchen bestehen mögen, so möchte ich doch, solange wir über die Function der Gerbstoffe nicht besser unterrichtet sind als jetzt und so lange unter diesem Begriff so heterogene Körper vereinigt erscheinen, den Milchröhren der Aroideen und Musaceen keine andere Hauptfunction zuschreiben, als den gerbstofffreien Milchröhren der anderen Familien. Sicherlich nicht wegen des Vorkommens oder Nichtvorkommens von Gerbstoff, denn wir dürfen nicht vergessen, dass Milchröhren von nah verwandten Pflanzen, ja verwandten Arten bald Gerbstoff führen, bald nicht. Es dürfte wohl nicht leicht Jemand geneigt sein, deshalb, weil *Euphorbia Lathyris* L. gerbstoffreichen Milchsafte hat, *E. Characias*, *E. globosa*, *E. trigona* aber nicht, den Milchröhren von *E. Lathyris* L. eine im Wesentlichen andere Leistung zuzuschreiben.

Der Gerbstoff erscheint im Milchsafte gewöhnlich diffus vertheilt und ist vielleicht in gewissen Fällen, wie bei *Musa chinensis*, auch in besonderen Krystallvacuolen bezw. in den Krystallen derselben enthalten. Davon war bereits auf S. 28—30 die Rede. Um über die Verbreitung der Gerbstoffe — ich fasse den Begriff hier in dem bei den Botanikern

1) Vergleiche namentlich TRÉCUL: Des vaisseaux propres et du tannin dans les Musacées, Comptes rendus, T. 66 (1868) p. 462, Des vaisseaux propres dans les Aroidées, T. 61 (1865) p. 1163, und T. 62 (1866) p. 462; ferner DE BARY, l. c., S. 192.

gewöhnlichen Sinne: als eine Gruppe gewiss sehr verschiedener gegen Eisensalze in bestimmter Weise reagirende Körper — im Milchsafte der Pflanzen eine Uebersicht zu gewinnen, habe ich eine grössere Anzahl von Pflanzen darauf geprüft. Ich verwendete hierzu gewöhnlich Eisenvitriol, zur Controlle auch Kaliumbichromatlösung.

Eine auffallende Erscheinung, die ich häufig bei gerbstoffhaltigen, mitunter aber auch bei gerbstofffreien Milchsäften beobachtet habe, lernte ich in dem Verhalten vieler Milchsäfte zur Kalilauge kennen. Diese färben sich mit nicht sehr verdünnter Kalilauge (etwa 20proc.) zusammengebracht und unter dem Deckglas gelinde erwärmt roth- bis blauviolett. Die Farbe ist in hohem Grade abhängig vom Luftzutritt. Unter dem Deckglas, d. h. bei theilweisem Luftabschluss, äussert sich die Farbenreaction am schönsten, ohne Deckglas kommt es oft zu violetten Farbentönen gar nicht, und wenn sie auftreten, so verschwinden sie alsbald und machen bräunlichen Farben Platz.

Milchsafte von *Musa chinensis* SWEET. färbt sich bei Zusatz von Kalilauge zunächst gelblich, dann beim mässigen Erwärmen gewöhnlich am Rande des Deckglases grün und bald darauf violett. Bei zu starkem Erwärmen wird die Flüssigkeit braun, kann aber, wenn nach einiger Zeit das Deckglas gehoben wird, in Folge des Zutrittes von Sauerstoff momentan eine purpurne Farbe annehmen. Auch der Wurzelmilchsafte von *Scorzonera hispanica* L. wird mit KOH rotviolett, doch unterbleibt die Grünfärbung, denn die anfängliche Gelbfärbung schlägt sofort beim Erwärmen in eine rothviolette um. *Alocasia Maximiliana* hort. verhält sich ähnlich, obwohl der Milchsafte dieser Pflanze keine Gerbstoffreaction aufweist. Hingegen giebt *Euphorbia Lathyris*-Milchsafte, obzwar er reich an eisenbläuendem Gerbstoff ist, die Reaction mit Kalilauge nicht.

Welcher Art der oder die Körper sind, welche diese auffallende Farbenreaction hervorrufen, lässt sich vorläufig nicht sagen. Der Umstand, dass sie mit Gerbstoffen sowohl in den Milchröhren als ausserhalb derselben und zwar auch bei nicht milchenden Pflanzen, wie ich mich überzeugt habe, mit Gerbstoffen so häufig vermengt vorkommen, legt den Gedanken nahe, dass sie zu den Gerbstoffen in irgend einer Beziehung stehen könnten, und ihr eigenthümliches Verhalten zur Kalilauge erinnert einigermaassen an Chinone.

In der folgenden Tabelle habe ich auch das Verhalten der Milchsäfte zur Kalilauge angegeben, um das so häufige gleichzeitige Auftreten der Gerbstoffe mit unserem fraglichen, unter der Einwirkung der Kalilauge sich violett färbenden Körper anzudeuten.

Milchsaft von	Mit Eisenvitriol	Mit Kalilauge beim Erwärmen
Allamanda Schottii HOOK. . . .	bläulich grün	schmutzig violett
Alocasia violacea hort. . . .	schmutzig grün	
Apios tuberosa PURSH <sup>1)</sup> . . . .	blau	
Broussonetia papyrifera L. . . .	Spur?	
Campanula medium L. . . . .	0	schmutzig violett
Cecropia peltata L. . . . .	schmutzig grün	
Euphorbia Lathyris L. . . . .	schwärzlich blau	
„ Characias L. . . . .	0	
„ globosa SIMS. . . . .	0	
„ trigona . . . . .	0	
„ coerulescens HAW. . . . .	0	
Ficus elastica hort. . . . .	0	
Homalanthus populneus PAX . . .	0	
Humulus Lupulus L. . . . .	blau	violett
Jatropha podagrica HOOK. . . .	0	
Morus alba L. . . . .	0	blauviolett
Mulgedium macrophyllum DC. .	grünlich	
Musa chinensis SWEET. . . . .	blau	
„ Oleander L., M. Martini hort.		
Nerium Oleander L. . . . .	schmutzig grün	rothviolett roth
Pedilanthus tithymaloides PORT. .	0	
Scorzonera hispanica L. . . . .	schmutzig dunkelgrün	
Sonchus sp. . . . .	grünlich	
Steudnera calocasiaefolia C. KOCH	schwärzlich blau	
Taraxacum officinale WIGG. . .	grünlich	

#### f) Kohlehydrate und Glykoside.

Glykose. Mit FEHLING'scher Lösung konnte ich im Milchsaft direct reichliche Mengen von Glykose (bezw. alkalische Kupferlösung reducirende Körper) nachweisen bei Homalanthus populneus PAX, Scorzonera hispanica L., Sonchus sp. und Taraxacum officinale WIGG. Deutliche Reaction gab auch der Milchsaft von Alocasia Maximiliana hort., A. violacea hort., Musa Martini hort. und Nerium Oleander L. Hingegen war das Resultat negativ bei Euphorbia splendens BOJ., E. coerulescens HAW., E. globosa SIMS, Hoja carnosa L., Vinca minor L., Cecropia peltata L., Alstonia scholaris R. BR., Ficus elastica hort., Broussonetia papyrifera L., Morus alba L., Papaver orientale L., Chelidonium majus L. und Campanula medium L.

<sup>1)</sup> Das ist die einzige mir bekannte Leguminose, welche typischen Milchsaft führt.

**Inulin.** Im Milchsafte der Wurzeln von verschiedenen Compositen findet sich auch ziemlich viel Inulin. Sehr viel z. B. bei *Taraxacum officinale* WIGG. Aus der Wurzel dieser Pflanze quillt zeitlich im Frühling beim Durchschneiden viel weisser dicklicher Milchsafte hervor. Wenn man einen grossen Tropfen davon mit absolutem Alkohol auf einem Objectträger mengt, mit einem Deckglas bedeckt und liegen lässt, so bilden sich nach ein bis mehreren Tagen zahlreiche Nadeln und Sphärite von Inulin. Die Krystalle zeigen die Eigenschaften dieses Körpers und lösen sich, wofern man einen Tropfen  $\alpha$ -Naphthollösung darauf fallen und eintrocknen lässt, auf Zusatz von concentrirter Schwefelsäure fast gleich darauf in schön rothvioletter Farbe <sup>1)</sup>. Das Inulin ist jedoch keineswegs im Milchsafte localisirt, sondern kommt, wenigstens nach der im Alkoholmaterial vorhandenen Vertheilung zu schliessen, auch in der übrigen Rinde, im Holze und Marke vor.

Inulin findet sich auch in dem Wurzelmilchsafte von *Scorzonera hispanica* L. vor.

**Indican.** Bei der Indigopflanze *Echites religiosa* T. e. B. stellt das Blatt, wie auch bei den anderen von mir untersuchten Indigopflanzen, den Hauptsitz des Glykosids dar und zwar ist es vornehmlich das grüne Mesophyll und auffallender Weise das die Nervatur begleitende Milchröhrensystem, welches grosse Mengen von Indican führt <sup>1)</sup>.

#### g) Alkaloide.

*Chelidonium majus* L.

In dieser Pflanze hat man mehrere Alkaloide festgestellt: Chelerythrin, Chelidonin, Sanguinarin, Protopin, und Homochelidonin. Es war bisher unbekannt, wo diese Alkaloide ihren Sitz haben. Bedenkt man, dass die Opiumalkaloide aus dem Milchsafte der unreifen Mohnfrüchte gewonnen werden, so ist die Annahme naheliegend, dass auch die Alkaloide des Schöllkrauts oder wenigstens ein oder das andere im Milchsafte localisirt erscheinen.

Chelerythrin, Chelidonin und Sanguinarin geben mit Salzsäure sehr leicht krystallisirbare Salze. Daher versuchte ich mit Salz-

---

1) Ueber den Nachweis des Inulins siehe H. MOLISCH, Ueber zwei neue Zuckerreactionen. Sitzungsberichte der kaiserl. Wiener Akademie, II. Abth. Jg. 1886, S. 7 des Sonderabdr.

1) H. MOLISCH, Botan. Beobachtungen auf Java. I. Abhandlung. Ueber sogenannte Indigogährung und neue Indigopflanzen. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. z. Wien, Bd. 107, I. Abth., Juli 1898, S. 773 (27).

säure den Sitz dieser Alkaloide direct in dem ausfliessenden Saft und innerhalb der Milchröhren nachzuweisen.

Wenn man einen Tropfen des frischen Milchsafte mit einem Tropfen conc. Salzsäure zusammenbringt, so schießt alsbald eine Unzahl von Krystallen an: Nadeln und feinnadelige Sterne oder Doppelnadelbüschel, all diese Krystalle in auffallendem Lichte (Fig. 22, *a, b*) von blutrother im durchfallenden von orangerother Farbe. Neben diesen treten gleichfalls in sehr grosser Zahl warzige Sphärite,

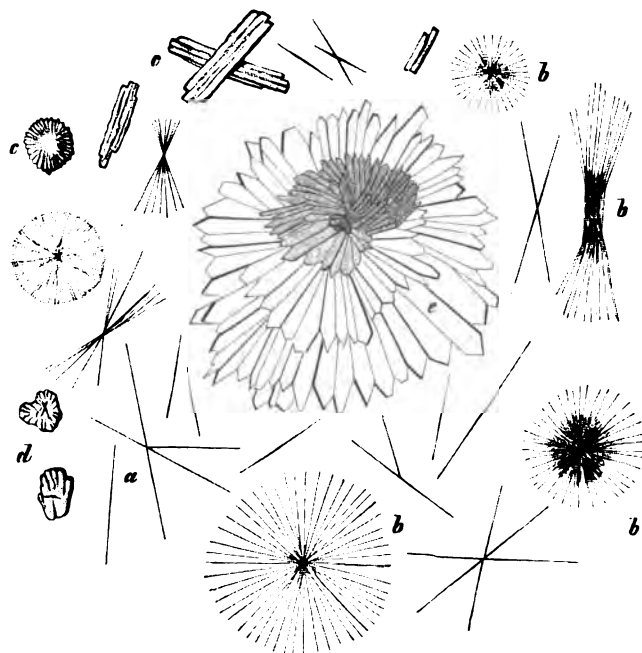


Fig. 22. Krystalle verschiedener Art von salzsauren Alkaloiden aus dem Milchsafte von *Chelidonium majus* L., nach Behandlung mit Salzsäure. Vergr. etwa 300, nur bei der grossen Druse *e* etwa 150. *a, b* orangeroth, *c, d* und *e* farblos.

Prismen, einzeln oder zu mehr minder deutlich ausgebildeten Drusen vereint, auf. Alle diese sind im Gegensatz zu den erstgenannten Krystallen farblos. Fig. 22 *c, d*. Darunter giebt es allerdings auch solche, welche theilweise farblos, theilweise orange erscheinen, vielleicht weil zwei Verbindungen hier zusammen auskrystallisirten. Endlich finden sich auch auffallend grosse, klumpige, farblose Drusen von runder, abgerundet viereckiger oder unregelmässiger Form, Fig. 22 *e*.

Sehr schöne Krystallisationen erhält man auch, wenn man ein Tröpfchen des Wurzelmilchsaftes auf einem Objectträger über dem offenen Hals einer Salzsäureflasche einige Minuten liegen und dann nach dem Wegnehmen etwas eindunsten lässt.

Der frische austretende Milchsaft der Wurzel ist dunkelorange-roth, der der Blätter eigelb. An der Luft wird er alsbald dunkler, schliesslich siegellackroth. Entsprechend der helleren Farbe des Blattmilchsaftes sind auch die farbigen mit Salzsäure erhaltenen Krystalle viel heller gelb, als die entsprechenden des Wurzelmilchsaftes.

Ganz ähnliche Krystallisationen wie mit Salzsäure werden erhalten mit mässig oder ganz conc. Schwefelsäure oder Salpetersäure, wobei offenbar die entsprechenden Salze der Alkaloide entstehen.

Werden frische Radialschnitte durch die Wurzel mit 10-proc. Salzsäure (käufl. conc. Salzsäure auf das Zehnfache mit Wasser verdünnt) behandelt, so wird der orangerothe Milchsaft grösstentheils in Krystalle von orangeroth oder gelbbrauner Farbe derselben Art umgewandelt wie die eben beschriebenen. Die Krystalle entstehen nur in den Milchröhren oder da, wo der Milchsaft sich aus aufgeschnittenen Röhren über die Umgebung ergossen hat. Zumeist entstehen Nadeln, Sterne oder Prismen und zwar in so grosser Menge, dass nunmehr der Verlauf der Milchröhren durch continuirliche Züge von Krystallen angedeutet wird. Fig. 23.

Die unter den beschriebenen Verhältnissen entstehenden Krystalle dürften wohl von den genannten Alkaloiden herrühren. Wir sind zwar bei dem derzeitigen Mangel an passenden mikrochemischen Unterscheidungsmitteln zwischen den Chelidonium-Alkaloiden heute ausser Stande zu sagen, welche von den Krystallen diesem oder jenem Alkaloid angehören, aber aus den geschilderten und noch zu erwähnenden Befunden dürfte es erlaubt sein, den Schluss abzuleiten, dass die Alkaloide von Chelidonium in dem Milchröhrensystem

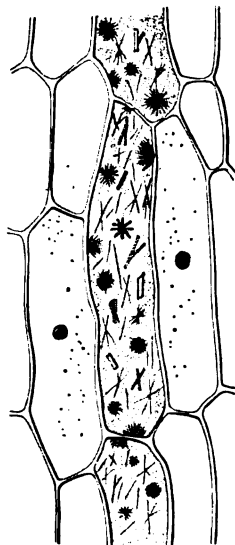


Fig. 23. Milchröhren aus der Wurzelrinde von *Chelidonium majus* L. Vergr. ca. 150. Nach Behandlung mit 10-proc. Salzsäure fallen Alkaloide in den Milchröhren in Form von Krystallen oder Krystallaggregaten heraus.

grösstentheils oder völlig localisirt sind und dass sie hier in Form einer ungemein concentrirten Lösung und in grosser Menge vorkommen.

Beiläufig sei erwähnt, dass der Milchsaft mit Jod, gelöst in Chloralhydrat, jenem Reagens, wie es in der botanischen Histologie zum Nachweis der Stärke dient, am Rande des Milchsafttropfens unter Deckglas nadel-, stern-, garben- oder eisblumenartige Krystallaggregate erscheinen lässt, welche sich vorübergehend tief bla u g r ü n, hinterher aber braun färben. Mit den reinen Alkaloiden (Sanguinarin, Chelerythrin, Chelidonin) erhielt ich diese Farbenreaction nicht, weshalb ich denn auch über den die Reaction hervorrufenden Körper nichts zu sagen vermag.

*Sanguinaria canadensis* L. In dem knollig verdickten Wurzelstock hat man bekanntlich gleichfalls mehrere Alkaloide festgestellt: Chelerythrin, Sanguinarin, Homochelidonin und Protopin. Als ich im Frühjahr zur Zeit des Austreibens Schnitte durch das Rhizom mit 10-proc. Salzsäure behandelte, entstanden in den durch ihren blutrothen Milchsaft ausgezeichneten Milhzellen und Milchsaftgefässen zahlreiche Nadelsterne von braunrother Farbe und zwar nur innerhalb der Milchsaftbehälter oder in der Umgebung derselben, wo sich Milchsaft ergossen hatte.

Es ist bekannt<sup>1)</sup>, dass die als Chelerythrin und Sanguinarin bezeichneten Alkaloide sich von sämmtlichen, bisher isolirten Papaveraceenbasen durch ihre intensiv gefärbten Salze unterscheiden. So besitzen die Salze des an sich farblosen Chelerythrins eine eigelbe, die der farblosen Base Sanguinarin eine intensiv rothe Farbe. Daher wird es verständlich, warum die stark gefärbten wässerigen Lösungen der Chelerythrin- und Sanguinarinsalze bei Behandlung mit Ammoniak unter Abscheidung eines weissen flockigen Niederschlags vollständig entfärbt werden. So wird auch begreiflich, warum der Milchröhreninhalt von *Sanguinaria* und *Chelidonium* in Folge von Ammoniak ziemlich verblasst oder entfärbt und die Farbe durch Salzsäure wieder restituirt wird. Dasselbe gilt auch für die gefärbten Salze der beiden genannten Basen.

Aus dem Gesagten erhellt weiter, dass die bei *Chelidonium* und *Sanguinaria* mit Salzsäure im Milchsaft oder in den Milchröhren erhaltenen gefärbten Krystalle entweder dem Chelerythrin oder dem Sanguinarin oder beiden angehören.

---

1) E. SCHMIDT, Ueber Papaveraceen-Alkaloide. Archiv der Pharmacien, herausgegeben v. deutsch. Apothekerverein, Bd. 231 (Jahrg. 1893), Berlin, S. 140.



*Bocconia cordata* WILLD. Die in der Wurzel vorhandenen zahlreichen, zumeist recht kurzen Milchzellen enthalten orangerothern Milchsaft. Auch hier lässt sich ein grosser Theil des Milchsaftes mit 10-proc. Salzsäure in orangerothe Krystalle umwandeln. Es entstehen entweder zahlreiche Nadelchen oder Nadelsterne, nicht selten verwandelt sich der grösste Theil des Milchsaftes nach mehreren Stunden in strahlige Sphärite. Der Nachweis gelingt in Schnitten nicht immer, dagegen mit Sicherheit im Milchsaft junger Blätter. Ein Tröpfchen des dunkelrothen Milchsaftes, einige Minuten über den Hals einer Salzsäureflasche gehalten, liefert fast einen Brei von Tausenden von orangerothern Nadeln, sternartigen Nadelaggregaten und Doppelpinseln.

Da in *Bocconia frutescens* Chelerythrin nachgewiesen wurde<sup>1)</sup>, und da diese Krystalle sich so verhalten wie die entsprechenden von *Chelidonium* und *Sanguinaria*, so dürften die gewonnenen Krystalle bei *Bocconia* dem salzsauren Chelerythrin angehören.

*Escholzia californica* CHAM. Bei *Chelidonium* zeigt sich bereits ein deutlicher Unterschied zwischen der Farbe des Milchsaftes in der Wurzel und in den oberirdischen Organen, insofern dieser in der Wurzel viel heller ist. Ein bei weitem grösserer Unterschied lässt sich jedoch in dieser Hinsicht bei *Escholzia* constatiren, denn hier erscheint der Milchsaft der oberirdischen Organe farblos und ziemlich klar, während derjenige der Wurzel orangeroth ist. In derselben Weise wie bei *Chelidonium* entsteht auch in den Wurzelmilchröhren — jedoch nicht in den grünen Organen — auf Zusatz von Salzsäure alsbald ein Niederschlag von orangerothern Krystallen, und da in *Escholzia* Chelerythrin<sup>2)</sup> nachgewiesen wurde, so dürfte wohl anzunehmen sein, dass diese Krystalle aus salzsaurem Chelerythrin bestehen.

*Argemone mexicana* L. Der eigelbe, an der Luft rasch nachdunkelnde Milchsaft gibt mit mässig concentrirter Schwefel-, Salz- oder Salpetersäure unter Deckglas eine Unmenge von gelben Krystallen, die zumeist Nadeln, Prismen oder Aggregate von solchen darstellen. Das Verhalten des Milchsaftes den Alkaloidgruppenreactionen gegenüber, durch welche reichlich Fällungen hervorgerufen werden, sowie der Umstand, dass auch hier unter denselben Umständen wie bei den früher behandelten Papaveraceen gelbe Krystalle entstehen, machen es wahrscheinlich, dass auch diese Krystalle einem Alkaloid angehören, zumal auch mit Jodchloralhydrat im Milchsaft schwarze Krystalle auftreten.

1) BEILSTEIN, Handbuch d. organ. Chemie, 3. Aufl., Bd. 3, S. 805.

2) BEILSTEIN, l. c., S. 805.

Papaver-Arten. — Der Milchsaft von Papaver-Arten, insbesondere der aus den unreifen Früchten von *Papaver somniferum*, ist, wie allgemein bekannt, eine wahre Fundgrube für verschiedene Alkaloide geworden, hat man ja aus demselben bereits mehr als 20 gut charakterisierte Alkaloide und daneben noch andere indifferente stickstofffreie Körper nachgewiesen. Ueber  $\frac{1}{3}$  des Opiums besteht aus krystallisirbaren Stoffen, darunter prävalirt als der wichtigste therapeutische Körper das Morphin, welches rund 5—13 Proc. ausmachen kann<sup>1)</sup>.

Gerade die Opiumanalysen haben schlagend dargethan, wie ausserordentlich complex die Zusammensetzung des Milchsaftes sein kann und dass Milchsäfte, wie das für verschiedene Pflanzen von mir nachgewiesen wurde, aus ziemlich concentrirten Lösungen krystallisirbarer Körper bestehen können.

Bei dieser Sachlage darf es nicht Wunder nehmen, dass bei der directen Behandlung des frischen Milchsaftes mit verschiedenen Stoffen oft reichlich Krystalle entstehen. So bildete sich nach meinen Beobachtungen bei Behandlung des Milchsaftes von *Papaver orientale* L. und *P. somniferum* L. mit mässig oder ganz concentrirter Salzsäure oder Schwefelsäure eine grosse Menge von farblosen prismatischen, spiessigen oder sternartigen verschieden verzweigte eisblumenartigen Krystallaggregaten einer mir unbekannten Substanz.

Interessant ist auch, dass bei Einwirkung von Salpetersäure der Milchsaft von *Papaver orientale* L. (jedoch nicht der von *P. somniferum* L.) sofort eine dunkelviolettpurpurne Färbung annimmt, die alsbald in Braun übergeht. Von welchem Körper diese auffallende Reaction ausgeht, vermag ich derzeit nicht zu sagen.

Speciell einer Arbeit von CLAUTRIAU<sup>2)</sup> verdanken wir eine mikrochemische Untersuchung über die Alkaloide von *Papaver somniferum* L. Er findet, dass die meisten der gewöhnlichen Reactionen auf Alkaloide direct im Milchsaft nicht gelingen und dass die Alkaloide, sobald die Pflanze etwa 10—15 cm erreicht hat (4—5 Blätter besitzt), nachweisbar werden. Sie haben nach dem genannten Autor ihren Sitz im Milchsaft besonders in den Fruchtkapseln zur Zeit der Samenreife.

Nach CLAUTRIAU lässt sich Morphin sicher nachweisen, Narcotin sehr wahrscheinlich machen, hingegen bleibt der Nachweis von

---

1) J. WIESNER, Rohstoffe, I. c., S. 409.

2) S. CLAUTRIAU, Recherches microchimiques sur la localisation des alcaloïdes dans le *Papaver somniferum*, Mémoires de la société belge de microscopie, T. 12, 1888. Ein Referat darüber: Botan. Centralblatt, 1889, Bd. 40, S. 142.

Thebain, Papaverin, Codein und Narcein unsicher. Ausser in den Milchsaftgefässen sollen nach CLAUTRIAU Alkaloide auch in Epidermiszellen, besonders denjenigen von Kapseln vorkommen.

Aus unseren Untersuchungen über den Milchsaft der Papavereen hat sich unter anderem ergeben, dass nicht bloss bei *Papaver somniferum* L. — was bereits bekannt war — der Milchsaft den Hauptsitz von Alkaloiden bildet, sondern dass der Milchsaft aller von mir geprüften Papavereen (*Chelidonium*, *Sanguinaria*, *Bocconia*, *Argemone*, *Escholzia*) ein Reservoir für zumeist giftige Pflanzenbasen darstellt und dass diese hier in relativ so concentrirter Lösung vorkommen, dass sie sich, entsprechend behandelt, leicht in Form deutlich krystallisirter Salze nachweisen lassen.

Diese Thatsache dürfte, wenn einmal über die Bedeutung der Alkaloide im Leben der Pflanze klares Licht verbreitet sein wird, gleichzeitig auch ein deutliches Streiflicht auf die Function des Milchsaftes selbst werfen. Gegenwärtig neigt man der Ansicht zu, dass den Alkaloiden vorwiegend eine ökologische Bedeutung zukomme und dass sie ein Schutzmittel gegen Thierfrass abgeben. Meiner Meinung nach kann diese Auffassung als eine provisorische wohl gelten, doch sind wohl die Acten darüber noch nicht geschlossen, und die Zukunft wird vielleicht den Alkaloiden noch eine andere Rolle zuerkennen, die uns möglicherweise auch eine Erklärung für die beachtenswerthe von CLAUTRIAU festgestellte Thatsache geben wird, dass die Alkaloide von *Papaver somniferum* L. vor dem Absterben der Pflanze völlig verschwinden.

### **C. Einige Bemerkungen über Milchsaft.**

#### **I. Die Concentration des Milchsaftes.**

Es ist allgemein bekannt, dass der Milchsaft in den Milchröhren gewöhnlich unter einem sehr bedeutenden Drucke steht, so zwar, dass derselbe sich bei Verwundung der milchenden Gewächse rasch aus der verletzten Stelle ergiesst. Selbst bei welken Pflanzen kann ein solcher Erguss, wenn auch im verminderten Grade, Platz greifen.

Bereits DE VRIES hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Membran der Milchröhre im unverletzten Zustande sehr stark elastisch gespannt ist und eben deshalb in diesem Zustande viel dünner sein

dürfte<sup>1)</sup> als im verletzten. Und SCHWENDENER<sup>2)</sup> kam zu dem Schlusse, dass die Membranen der Milchröhren zu den dehnbarsten Zellhäuten, die bis jetzt bekannt geworden sind, gehören und dass dieselben unter einem Drucke stehen, den er zum mindesten auf mehrere Atmosphären veranschlagt. Er erblickt mit Recht in der elastischen Spannung der Röhrenwand eine Kraftquelle, welche die Bewegung des Saftes in dem Röhrensystem regulirt und die Richtung des Saftes bestimmt. Während aber in den elastisch gespannten Arterien der höheren Thiere die Verluste an Spannkraft durch die Pulsation des Herzens wieder ersetzt werden, besorgt diesen Ersatz bei der Pflanze die Osmose. Dementsprechend ist auch der Kraftvorrath in den Milchröhren viel grösser als bei den Arterien, denn während der Blutdruck in der menschlichen Aorta etwa 250 mm Quecksilber, in der Brachialis etwa 110—120 mm beträgt, erreicht er in den Milchröhren mehrere Atmosphären<sup>3)</sup>.

Damit steht, wie ich glaube, die von mir für zahlreiche Pflanzen festgestellte oft sehr grosse Concentration der Milchsäfte in ursächlicher Verbindung.

Es ist nämlich in hohem Grade bezeichnend, dass im Milchsaft gewisse krystallisirende Substanzen oft in grossen Mengen, manchmal anscheinend bis zum Sättigungspunkte gelöst vorkommen. Ausgezeichnete Beispiele in dieser Richtung bietet der Milchsaft von *Ficus elastica* hort. und *Galactodendron utile* H. B. e. K., welche ganz ausserordentliche Mengen einer Magnesiaverbindung enthalten. *Euphorbia Lathyris*-Milchsaft strotzt von einer löslichen Kalkverbindung, andere Milchsäfte führen bedeutende Mengen von Zucker oder Inulin (*Taraxacum officinale* Wigg., *Scorzonera hispanica* L.) oder eine Unmasse von krystallisirenden Alkaloiden (*Chelidonium*, *Sanguinaria*, *Bocconia*, *Argemone*, *Escholzia* und *Papaver*). Analog wie der Milchsaft verhält sich auch der Schleimsaft der Monocotylen, ich erinnere nur an die grossen Mengen von bis zur Sättigung aufgelösten Substanzen des Schleimsaftes bei *Hemerocallis fulva* L. der, aus den geöffneten Schleimgefässen ausfliessend, fast sogleich an der Luft sich in einen Krystallbrei umwandelt. Ich erinnere ferner an den Schleimsaft von *Clivia miniata* Regel, *Cl. nobilis* hort. und von *Tradescantia zebrina* hort., der sich ähnlich verhält<sup>4)</sup>.

1) H. DE VRIES, Ueber einige Nebenproducte des pflanzlichen Stoffwechsels. Landwirthschaftl. Jahrbücher, Bd. 10 (1881), S. 714.

2) S. SCHWENDENER, Einige Beobachtungen an Milchsaftgefässen, Sitzungsberichte der K. preussischen Akad. d. Wissensch. z. Berlin, Jg. 1885, S. 326—327

3) S. SCHWENDENER l. c.

4) Vergl. darüber den Abschnitt: Chemisches über den Schleimsaft p. 89.

Hierzu kommen die im Milch- und Schleimsaft oft auftretenden colloidalen Substanzen, welche Wasser in hohem Grade festhalten, stark quellen und ebenso wie die vorhin erwähnten krystallinischen Verbindungen damit eine Kraftquelle für die Dehnung der Milchröhrenwände liefern.

## 2. Der Emulsionscharakter des Milchsafte und die damit zusammenhängende Oberflächenvergrösserung.

Ueber die Function des Milchsafte sind von verschiedenen Forschern verschiedene Ansichten geäussert worden<sup>1)</sup>. Es soll hier vorläufig nicht untersucht werden, inwieweit diese Ansichten berechtigt sind, da ich auf die physiologische Leistung der Milchsäfte in einer späteren Arbeit speciell zurückzukommen gedenke; hier möchte ich nur betonen, dass meine chemischen Befunde über Milchsaft die Meinung, dass die Milchröhren in vielen Fällen als Reservoir wichtiger Baustoffe dienen und von ernährungsphysiologischer Bedeutung sind, von Neuem gestützt wird. Zu der Anhäufung grosser Mengen von Stärke bei Euphorbiaceen, einer Substanz, auf welche besonders TREUB<sup>2)</sup> hingewiesen und deren Wieder-Verschwinden er durch Versuche an tropischen Euphorbiaceen bewiesen hat, gesellen sich die Fälle von der Anhäufung überaus grosser Mengen von Proteinkörnern im Milchsaft besonders von *Cecropia peltata* L., *Brosimum microcarpum* SCHOTT., sowie die Fettanhäufung im Milchsaft bei *Homalanthus populneus* PAX.

Weder bei den Euphorbiaceen noch bei den zuletzt genannten Pflanzen wird man geneigt sein, die vorhandenen Stoffe, auf deren Bildung es ja die Assimilation in erster Linie abgesehen hat, als Excrete, Nebenproducte oder als Auswurfstoffe der Pflanze zu betrachten, welche in den Stoffwechsel nicht mehr einbezogen werden. Damit soll natürlich nicht gesagt sein, dass es in den Milchsäften nicht zur Abscheidung von Excreten kommt, denn von den Kautschuk- und Harzkügelchen der Milchsäfte ist ja eine Wiederresorption trotz der verdienstvollen Versuche FAIVRE's mit aller Sicherheit nicht nachgewiesen worden. Aber sowie bereits todte Zellen, z. B. Tracheiden für die Pflanze als Wasserbahnen noch von grösster Bedeutung sein können, so könnten auch Stoffe des Milchsafte, die uns heute als

1) W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie, I. c., S. 593.

2) M. TREUB, Notice sur l'amidon dans les laticifères des Euphorbes. Annales du Jardin bot. de Buitenzorg, T. 3.

Excrete imponiren, im Dienste der Pflanze stehen, sei es als Mittel zum Wundverschluss <sup>1)</sup>, sei es als Schutzmittel gegen Thierfrass oder in anderer Weise. SCHWENDENER <sup>2)</sup> äussert sich über diese Excrete, nachdem er die einschlägigen Angaben und Versuche FAIVRE's discutirt, folgendermaassen: „Nach alledem wüsste ich eine bestimmte Thatsache, aus welcher die Verwendbarkeit der in Rede stehenden Gebilde im Ernährungsprocesse zu folgern wäre, nicht beizubringen. Es bleibt mir also nur übrig, bei der bisherigen Annahme, dass es wirkliche Excrete seien, zu verharren.“ Gleichzeitig weist er auf die Möglichkeit hin, dass die emulsionsartige Beschaffenheit des Milchsaftes überhaupt bloß den Zweck hätte, das Emporsteigen der specifisch leichteren Fetttröpfchen in der wässerigen Lösung und ebenso das Sinken der specifisch schwereren Stärkekörner zu verhüten und dadurch die gegebene Vertheilung der plastischen Baustoffe, sofern dieselbe nicht durch Massenbewegungen verändert wird, zu erhalten.“ Um diese Ansicht zu stützen, macht SCHWENDENER folgendes Experiment. Er nimmt einen Tropfen frischen Milchsaftes von irgend einer Euphorbia-Art, bringt denselben zwischen Deckglas und Objectträger und stellt die so erhaltene Flüssigkeit vertical. Er findet nun, dass die Stärkekörper nicht sinken und schreibt dies dem emulsionsartigen Charakter des Milchsaftes zu. Ich wiederholte das beschriebene Experiment, wobei ich die Vorsicht gebrauchte, den Deckglasrand rasch mit einem Lackrand zu umgeben, um Verdampfung des Saftes und dadurch hervorgerufene Strömung zu verhindern, und fand das Resultat in Uebereinstimmung mit dem SCHWENDENER's.

Macht man denselben Versuch mit in Wasser suspendirten Reisstärkekörnern (Bruchkörnern), so kann man zwar das Sinken vieler Körner beobachten, aber viele behalten ihre Lage bei, selbst nach vielen Stunden. Es spielt also hierbei nicht bloß die emulsionsartige Beschaffenheit des Milchsaftes eine Rolle, sondern auch die Capillarität in der dünnen Flüssigkeitsschicht. Ich möchte jedoch darauf aufmerksam machen, dass das von SCHWENDENER angeführte Beispiel nicht glücklich gewählt war, da er von der falschen Voraussetzung ausgeht, dass die Stärkekörper von Euphorbia im Milchsaft (im engeren Sinne) schweben. Dies ist aber nicht der Fall, da die Stärke im Plasmaschlauch steckt.

In der physiologischen Leistung des Milchsaftes spielt vielleicht auch ein bisher meines Wissens nicht hervorge-

---

1) H. DE VRIES, l. c.

2) SCHWENDENER, l. c., S. 335.

hobener und beachteter Factor eine Rolle, nämlich die oft ausserordentlich feine Vertheilung und die daraus resultirende ungeheure Oberfläche der Milchsafatkügelchen.

Gewöhnlich stellt der Milchsaft, wie bekannt, eine Emulsion dar, eine Flüssigkeit, innerhalb welcher Kügelchen der verschiedensten Art suspendirt sind. Diese Kügelchen sind zumeist recht klein, häufig so winzig wie z. B. bei den Euphorbiaceen, dass sie fast an der Grenze der mikroskopischen Wahrnehmung stehen und sich in lebhafter BROWN'scher Molecularbewegung befinden. Diese so feine Vertheilung der Materie im Milchsaft erscheint ganz darnach ange-  
than, wegen ihrer ungeheuren Oberfläche die Absorption von Gasen<sup>1)</sup>, chemische Reactionen und damit den Stoffwechsel in hohem Grade zu begünstigen. Ich erinnere in dieser Beziehung nur an die grossen Mengen von Sauerstoff, welche die Blutkörperchen in Folge ihrer grossen Oberfläche zu binden vermögen, ich erinnere ferner daran, welch auffallende Eigenschaften Körper, die sonst recht indifferent sind, erhalten, wenn sie genügend fein vertheilt werden und besonders an die in jüngster Zeit hergestellten colloidalen Lösungen gewisser Metalle, wie Platin, Gold, Silber, Iridium etc., die durch blosse Contactwirkung sich wie Fermente verhalten und nicht mit Unrecht in diesem Zustande der feinsten Vertheilung als anorganische Fermente bezeichnet worden sind<sup>2)</sup>. So könnten auch die uns ziemlich indifferent erscheinenden Excrete des Milchsaftes in ihrer feinen und feinsten Vertheilung schon durch blossen Contact von Bedeutung sein und möglicher Weise eine wichtige Rolle in Milchsäften bezw. in der

---

1) Ich theile hier diesbezüglich mit, dass mikroskopisch kleine Luftbläschen im frischen Milchsaft von *Carica Papaya* L. unterm Deckglas vor den Augen des Beobachters auffallend rasch verschwinden. Schon WEISS und WIESNER haben gefunden, dass der Milchsaft von *Euphorbia Cyparissias* L. an der Luft unter starker Sauerstoffabsorption coagulirt. (Beitr. zur Kenntniss der chemischen und physikalischen Natur des Milchsaftes der Pflanzen, Bot. Zeitg., 1861, S. 42).

Jedenfalls verdient der Umstand, dass in Milchsäften gerade sauerstoffabsorbirende Körper wie Harz, Kautschuk und Guttapercha vorhanden sind, bei künftigen Untersuchungen Beachtung. Ueber die Sauerstoffaufnahme verschiedener Guttapercha-Sorten liegen ausführliche Versuche vor von E. OBACH, Die Guttapercha, Dresden-Blasewitz 1899, S. 90.

2) G. BREDIG und R. MÜLLER v. BERNECK, Ueber anorganische Fermente. I. Ueber Platinkatalyse und die chemische Dynamik des Wasserstoffsperoxyds, Zeitschr. f. physikal. Chemie, Bd. 31, Leipzig 1899, S. 258.

Pflanze spielen. Doch ich wiederhole, es ist vorläufig nicht meine Absicht, mich in diesem Werke schon mit der Function des Milchsaftes eingehender zu befassen; ich gedenke dies in einer späteren Schrift, sobald meine einschlägigen Versuche zu einem gewissen Abschlusse gelangt sein werden, zu thun und begnüge mich zunächst damit, die Ergebnisse meiner Beobachtungen über den Bau, die Organisation gewisser Theile und die Chemie des Milchsaftes hiermit der Oeffentlichkeit zu übergeben.



## II. Der Schleimsaft in den Schleimröhren von Monocotylen.

### A. Histologisches über den Inhalt der Schleimröhren.

#### 1. Ueber Plasma und Kern.

Im Jahre 1859 veröffentlichte HANSTEIN<sup>1)</sup> seine Beobachtungen über die von ihm bei Liliaceen, Amaryllideen und Commelynaceen entdeckten Schlauchgefässe, die er in einer späteren Schrift<sup>2)</sup> folgendermaassen beschreibt: „Es sind sehr lange und zuweilen auch sehr weite, aber dünnwandige Röhren, die nur selten Milchsafte führen, gewöhnlich vielmehr klaren Saft und ausserdem in den meisten Fällen mit zahlreichen Nadelkrystallen oder Raphiden erfüllt sind. Sie sind unregelmässig vertheilt und stehen unter einander in ununterbrochenem Zusammenhang. — Eine an die andere stossend durchziehen sie in senkrechten Reihen Blätter und Stengel der ganzen Länge nach zwischen den äusseren Parenchymlagen der Rinde oder im pneumatischen Zellgewebe der Blätter meist nahe der Epidermis.“

Wenn man das Blatt oder den Stengel einer Liliacee quer durchschneidet, so tritt bei den meisten Gattungen und Arten keine grössere Menge Schleim aus (Ausnahmen: *Ornithogalum barbatum* JAQU., *Agapanthus umbellatus* L'HÉRITÉ, *Hemerocallis fulva* L., und *Allium*-Arten), hingegen wohl bei den meisten Amaryllideen und Commelyneen. Dieser Schleimsaft, der in mehr oder minder grossen Tröpfchen rasch hervorquillt, wie bei milchenden Pflanzen der Milchsafte, stammt aus den erwähnten Schlauchgefässen. Nur von den Schleimgefässen der genannten Monocotylen-Familien soll in diesem Abschnitte die Rede sein.

1) J. HANSTEIN, Ueber ein System schlauchförmiger Gefässe u. s. w. Monatsberichte der Berliner Akad., 1859, S. 705.

2) J. HANSTEIN, Die Milchsaftegefässe und die verwandten Organe der Rinde, Berlin 1864, S. 33.

Bereits HANSTEIN hat sich auf Grund von Beobachtungen dafür ausgesprochen, dass wir es hier mit Fusionen zu thun haben, die aus zu Reihen angeordneten Zellen dadurch hervorgehen, dass die Querwände theilweise oder ganz resorbirt werden. Und JOHOW<sup>1)</sup> hat bereits darauf aufmerksam gemacht, dass es bei Commelyneen, (*Tradescantia zebrina*) Liliaceen und Amaryllideen gelingt, Primordialschlauch und Kern zu erweisen, wenn man den aus den Schnittwunden hervorquellenden Schleim auf dem Objectträger mit Alkohol und Jodjodkalium behandelt.

HANSTEIN isolirte die Schlauchgefäße mit kochender Kalilauge. Da bei dieser Art der Maceration die Querwände hätten Veränderungen oder Risse erleiden können und da, wie der eben genannte Autor selbst hervorhebt, bei der Feinheit und Durchsichtigkeit der Schlauchwände nicht leicht zu entscheiden ist, „ob die zusammenstehenden Wände in der That noch durch Wände geschlossen sind, oder ob man statt derselben nur noch kreisförmige Stricturen vor sich hat, in denen die Wände selbst aufgelöst sind“<sup>2)</sup>, so wird es nicht überflüssig sein, neue Thatsachen anzuführen, um die offene Continuität der ursprünglichen Zellen nachzuweisen.

Wie man sich leicht überzeugen kann, lässt sich der gesammte Inhalt der Schlauchgefäße durch einen einfachen Kunstgriff oft völlig intact oder nur wenig verändert aus den Schleimbehältern auf ziemlich weite Strecken herausziehen. Ich verfahre dabei in der Weise, dass ich ein Blatt oder einen Stengel rasch mit einem scharfen Rasiermesser durchschneide und die Schnittfläche in einen auf einem Objectträger befindlichen grossen Tropfen von Jodjodkalium oder (absolut) alkoholischer Säurefuchsinlösung eintauche und hierauf sofort bei sanftem Druck die Schnittwunde über den Objectträger sehr langsam und gleichmässig hinwegziehe. Der austretende Schleim wird hierbei fixirt, gefärbt und auf lange Strecken herausgezogen. Verfährt man in der Weise wie JOHOW, dass man den Schleim einfach in das Fixirungsmittel auslaufen lässt, so erhält man ein Gewirr von wurmförmig gekrümmten Inhaltsmassen, deren Zusammenhang nicht leicht zu erweisen ist. Hiergegen kann man in der von mir angegebenen Weise den Inhalt eines Schlauchgefäßes auf eine Länge von mehreren Millimetern bis 1—2 cm herausziehen. Fig. 24 A.

---

1) F. JOHOW, Untersuchungen über die Zellkerne in den Secretbehältern und Parenchymzellen der Monocotylen, Bonn, 1880, S. 12.

2) J. HANSTEIN, l. c., S. 38.

Eine für solche Versuche sehr geeignete Pflanze ist *Dichorisandra ovata*. Der Schlauchinhalt zeigt einen deutlichen Aufbau aus cylindrischen Gliedern, die wahrscheinlich den ursprünglichen Zellen entsprechen. Die Glieder stossen mit queren oder schiefen oder aus-

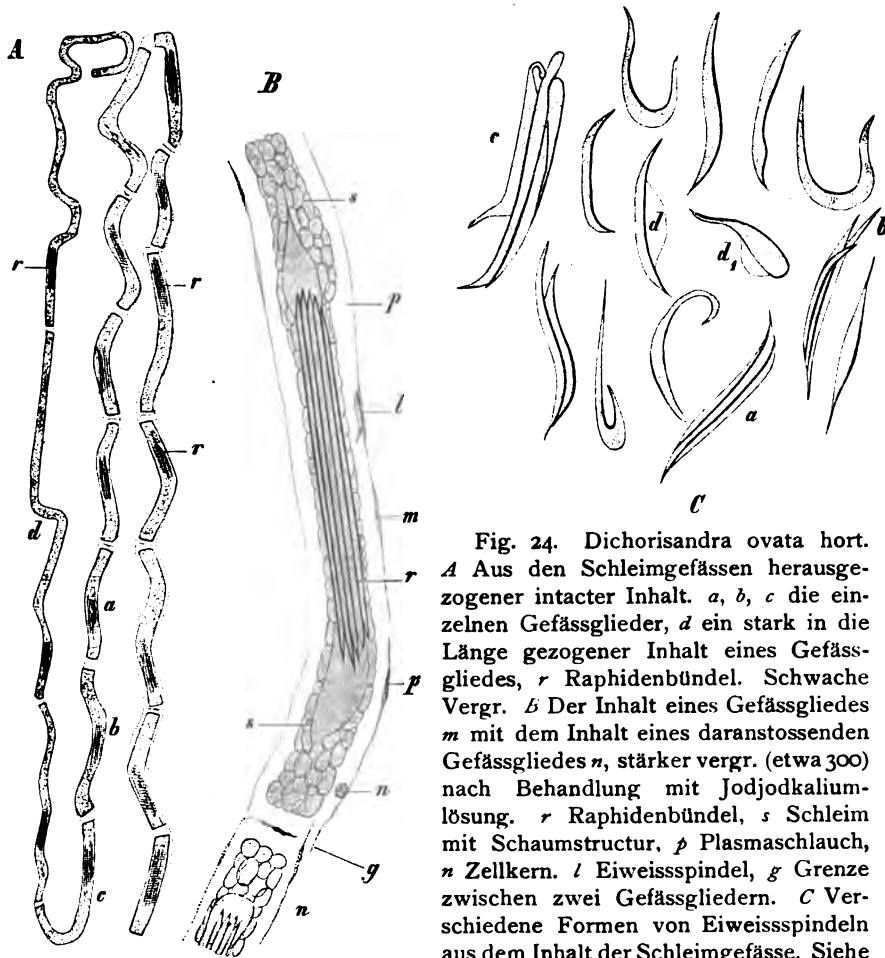


Fig. 24. *Dichorisandra ovata* hort.  
 A Aus den Schleimgefässen herausgezogener intakter Inhalt. *a*, *b*, *c* die einzelnen Gefässglieder, *d* ein stark in die Länge gezogener Inhalt eines Gefässgliedes, *r* Raphidenbündel. Schwache Vergr. B Der Inhalt eines Gefässgliedes *m* mit dem Inhalt eines daranstossenden Gefässgliedes *n*, stärker vergr. (etwa 300) nach Behandlung mit Jodjodkaliumlösung. *r* Raphidenbündel, *s* Schleim mit Schaumstruktur, *p* Plasmaschlauch, *n* Zellkern, *l* Eiweissspindel, *g* Grenze zwischen zwei Gefässgliedern. C Verschiedene Formen von Eiweissspindeln aus dem Inhalt der Schleimgefässe. Siehe Text auf S. 84–86.

gebrauchten Grenzflächen aneinander Fig. 24 A und enthalten je ein grosses Raphidenbündel und in vielen Gliedern einen peripher liegenden runden oder etwas gestreckten, nicht selten abgeplatteten Zellkern. Gewöhnlich findet man in jedem Gliede einen Kern,

Fig. 24 *B*, doch habe ich in einzelnen auch 2—3 Kerne gesehen, in anderen scheint er zu fehlen; auch ist zu beachten, dass der Kern beim Herausziehen, weil er peripher liegt, leicht abgestreift wird und dann zu fehlen scheint.

Die einzelnen Glieder erscheinen, weil der Schleim sich leicht in Fäden ausziehen lässt, oft länger als sie in der Pflanze sind, Fig. 25 *A d*, häufig sind die Glieder auch in Folge des ausgeübten Zuges von einander getrennt.

Sehr hübsch lässt sich der Schlauchinhalt auch zur Anschauung bringen, wenn man bei der oben erwähnten Procedur anstatt Jodkalium fein suspendirtes Carmin in Wasser verwendet. In der rothen Flüssigkeit, deren Carminpartikelchen lebhaftere BROWN'sche Molecularbewegung zeigen, tritt dann der Schlauchinhalt durch seine Farblosigkeit scharf hervor. Lässt man solchen Schleiminhalt 24 Stunden in (viel) Wasser liegen, so quillt derselbe stark auf, ohne sich aber merklich zu lösen. Mit Jod färbt sich der Schleim gelb bis braun.

Im Carminwasser erscheint der Schleim homogen in Jodjodkalium vacuolig oder von einem unregelmässigen Gerüstwerk, in Fuchsinalkohol von Körnern, Strichelchen oder feinen Fäden durchsetzt.

So fand ich die Sache bei *Dichorisandra ovata* hort. Ganz ähnlich sind die Verhältnisse bei *Tradescantia zebrina* hort., weniger klar bei *Tradescantia viridis* hort., doch waren auch hier Plasma und Zellkern leicht nachweisbar. Ist der Schleim mit Jodjodkalium nicht so leicht tingirbar wie z. B. bei *Ornithogalum barbatum*, dann leistet in Wasser fein suspendirtes Carmin sehr gute Dienste zur Veranschaulichung des herausgezogenen Schlauchinhaltes, desgleichen auch da, wo, wie bei vielen Amaryllideen mit Jodjodkalium starke Niederschläge entstehen und in Folge dessen das Bild trüben.

Ueber die Faden- und Fadenknäuelkerne bei *Lycoris radiata* HERB. und anderen Amaryllideen.

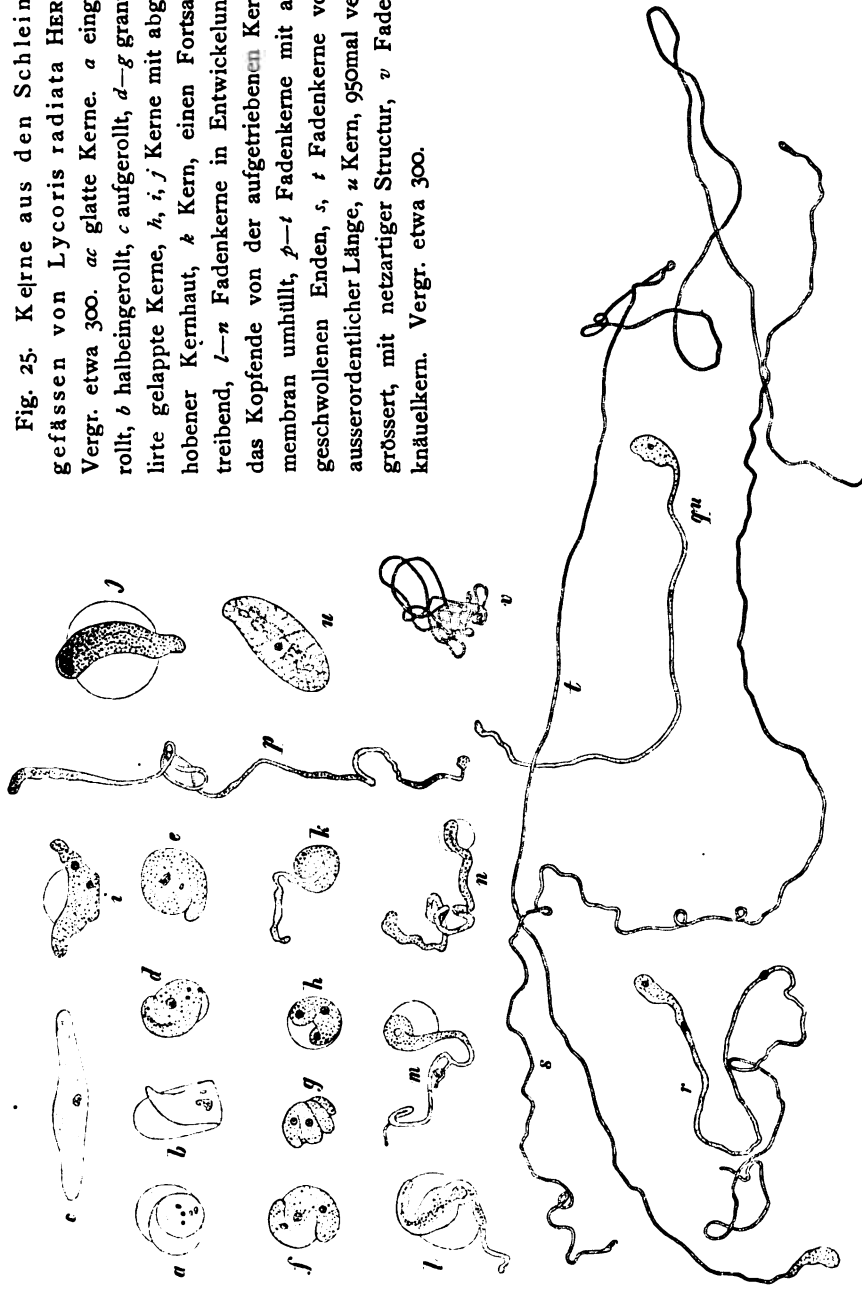
Im ersten Theil dieser Schrift wurde darauf hingewiesen, dass auffallenderweise die Kerne der Milchröhren in ihrem Baue und in ihrer Grösse nicht selten von den Kernen der umgebenden Elemente abweichen. Dasselbe lässt sich auch bezüglich der Schleimbehälter sagen.

So finden sich in den Blattschleimgefässen von *Lycoris radiata*, wie ich bereits an anderer Stelle <sup>1)</sup> ausführlich geschildert habe, Kerne,

---

1) H. MOLISCH, Ueber Zellkerne besonderer Art, Bot. Zeitung, 1899, S. 183—187.

Fig. 25. Kerne aus den Schleimgefässen von *Lycoris radiata* HERB. Vergr. etwa 300. *a* eingerollt, *b* halbeingerollt, *c* aufgerollt, *d*—*g* granulirte gelappte Kerne, *h*, *i*, *j* Kerne mit abgehobener Kernhaut, *k* Kern, einen Fortsatz treibend, *l*—*n* Fadenkerne in Entwicklung, das Kopfe von der aufgetriebenen Kernmembran umhüllt, *p*—*t* Fadenkerne mit angeschwollenen Enden, *s*, *t* Fadenkerne von ausserordentlicher Länge, *u* Kern, 95mal vergrössert, mit netzartiger Structur, *v* Fadenknäuelkern. Vergr. etwa 300.



die in mehrfacher Beziehung von den Kernen der benachbarten Zellen und von den bisher bekannt gewordenen überhaupt abweichen. Indem ich auf meine diesbezügliche Abhandlung und die darin vorkommenden Einzelheiten verweise, will ich hier nur das Allerwichtigste hervorheben. In einem frisch aufgefangenen, ziemlich klar erscheinenden Tropfen eines quer durchschnittenen Blattes bemerkt man verschieden geformte Kerne: runde, gelappte, länglich abgerundete, länglich zugespitzte und endlich fadenförmige, die einen schlangenähnlichen Verlauf nehmen oder einen mehr minder lockeren Fadenknäuel bilden. Fig. 25. Es lassen sich zunächst, wenn man die Structur ins Auge fasst, zweierlei Kerne unterscheiden: homogene und granulirte. Die ersteren erscheinen, abgesehen von den Nucleolen, glatt (Fig. 25 *a, b, c*). Bei genauer Einstellung nimmt man bereits etwas Auffallendes an diesen Kernen wahr. Es finden sich vom Rande ausgehende, mehr oder minder tief gegen das Innere eindringende, als Linien erscheinende Furchen, welche als Ausdruck einer Lappung oder einer Einrollung des Kernes zu deuten sind. Fig. 25 *c* zeigt einen aufgerollten, *b* einen halbeingerollten und *a* einen noch ganz eingerollten Kern.

Unter den granulirten Kernen, welche oft eine netzartige Structur aufweisen (Fig. 25 *u*) finden sich viele gelappte (*d, e, h*). In vielen Fällen erscheinen die Kerne wurm-, schrauben-, schnecken- oder S-förmig gewunden und nicht selten von einer Kernmembran längs ihrer ganzen Ausdehnung oder nur stellenweise wie von einer Blase umhüllt (Fig. 25 *h, i, j*). Viele dieser Kerne sind nichts als jüngere Stadien der Fadenkerne. In weiteren Stadien sieht man den Kern zu einem längeren, gewöhnlich einfachen, selten verzweigten fadenförmigen Fortsatz auswachsen (Fig. 25 *k*), der ganz ausserordentliche Dimensionen erreichen kann. Dabei bleibt der Kern an seinem breiteren Ende von der Membran nicht selten wie von einer aufgetriebenen Blase umhüllt, während die Membran den übrigen Theilen des Kernes offenbar unmittelbar anliegt (Fig. 25 *l, m, n*).

Die ganze Substanz des ursprünglich meist runden Kernes wächst zu einem Faden aus, so dass der Kern schliesslich einen wirren Fadenknäuel (Fig. 25 *v*) oder einen dünnen, geschlängelten Faden, der an einem oder beiden Enden etwas keulenförmig angeschwollen ist, darstellt (Fig. 26 *p—t*).

Im Folgenden bringe ich zur besseren Veranschaulichung über die Länge und Breite der Lycoris-Kerne einige Messungen, aus welchen

hervorgeht, dass die Fadenkerne im Maximum die erstaunliche Länge von etwa 1,5 mm erreichen können!

Länge	Breite
13 $\mu$	16 $\mu$
26 „	25 „
29 „	23 „
30 „	19 „
99 „	1,8 „
330 „	1,8 „
528 „	0,6 „
693 „	0,4 „
1056 „	0,4 „
1254 „	0,4 „
1320 „	0,3 „
1510 „	0,1—0,3 „

Fadenkerne der geschilderten Art sind nicht bloss auf die Schleimbehälter von *Lycoris* beschränkt, sondern finden sich, wenn auch nicht in so typischer Ausbildung, auch bei *Galanthus nivalis* L. ferner, aber bei weitem spärlicher, bei *Vallota purpurea* (AIT) HERB., *Leucojum vernum* L., *Amaryllis formosissima* L. und einigen anderen Amaryllideen. Auch bei Dicotylen fehlen sie nicht. Ich nenne in dieser Hinsicht nur die Milchröhren von *Humulus Lupulus* L. und die „Schlauchzellen“ im Stengel von *Corydalis pumila* RCHB.

## B. Chemisches über den Schleimsaft.

Wurde bereits beim Milchsafte hervorgehoben, dass unsere chemischen Kenntnisse über denselben noch ziemlich mangelhaft sind, so gilt dies in noch höherem Grade von dem Schleimsafte. Der in ihm vorkommende, in hohem Grade quellbare Schleim und die darin oft abgeschiedenen Raphiden fielen schon lange auf. Allein dies ist so ziemlich alles, was wir von der Chemie der Schleimgefässe wissen. Wenn wir aber dem Ziele, einmal ein endgültiges Urtheil über die Function der Schleimgefässe zu erhalten, näher treten wollen, so wird man jedenfalls trachten müssen, den Schleimsaft noch weiter zu untersuchen. Von diesem Gesichtspunkte aus dürfte es nicht unwillkommen sein, einige Beobachtungen chemischer Art, die ich im Laufe der Zeit gemacht habe, hier zusammenzustellen.

### 1. Die Reaction des Schleimsaftes.

Wie die anatomischen Untersuchungen ergeben haben, besitzen die Schleimgefässe insofern einen ganz analogen Bau wie die Milch-

röhren, als die Schleimgefäße ebenfalls einen ihre Innenwand auskleidenden Plasmaschlauch haben, in dessen Hohlraum der Schleimsaft als Zellsaft eingebettet ist. Auch hier darf also der ganze Inhalt des Schleimgefäßes nicht etwa als ein metamorphosirtes, leicht flüssiges Plasma aufgefasst werden, denn der Inhalt gliedert sich wie bei einer Zelle in Plasma und Zellsaft. Daher war von vornherein zu erwarten, dass der hervorquellende Schleimsaft nicht alkalisch, sondern mehr oder minder sauer oder neutral reagirt. Vergl. S. 43. Es wurden folgende Pflanzen daraufhin untersucht:

*Allium Scorodoprasum* L.  
" *ceratophyllum* BESS.  
*Landsbergia caracasana* DE VRIESE.  
*Lycoris radiata* HERB.  
*Calostemma luteum* SIMS.  
*Cyrtanthus obliquus* (L.) AIT.  
*Hemerocallis fulva* L.  
*Hermione cupularis* SALISB.  
*Nerine undulata* (L.) HERB.  
*Zephyranthes candida* (SCHULT.) HERB.  
*Ovieda corymbosa* SPRENG.  
*Agapanthus minor*.  
*Clivia nobilis* hort.  
" *miniata* REGEL.  
*Amaryllis formosissima* L.  
*Tradescantia viridis* hort.  
" *zebrina* hort.  
*Nureium incomparabilis* CURT.  
" *Pseudonarcissus* L.

Hierbei zeigte sich, dass der Schleimsaft fast aller entweder deutlich oder schwach sauer reagirte und blaues Lackmuspapier röthete, hingegen rothes bläute. Neutral oder schwach amphoter reagirte der Saft von *Narcissus incomparabilis* CURT. und *N. Pseudonarcissus* L.

## 2. Calcium, Magnesium, Chlor, Nitrate, Phosphorsäure.

Die so häufig in den Schleimgefäßen der Amaryllideen, Liliaceen und Commelyneen auftretenden Kalkoxalatraphiden beweisen, dass die massenhafte Abscheidung von Kalk hier eine weit verbreitete Erscheinung ist. Ueber die anderen eben genannten Körper giebt die folgende Tabelle Aufschluss.



Schleimsaft von	Mg	Cl	Nitrate	Phosphorsäure
<i>Lycoris radiata</i> HERB. . .	Spur	deutliche Reaction	deutliche Reaction	Keine Reactionen im Saft. Deutliche Reaction in der Asche.
<i>Landsbergia caracasana</i> DE VRIESE . . . . .	deutliche Reaction	„ „	keine Reaction	
<i>Agapanthus umbellatus</i> L'HÉRITE . . . . .	schwache Reaction	sehr deutl. React.	deutliche Reaction	
<i>Cyrtanthus obliquus</i> (L.) AIT. .	sehr deutl. React.	„ „ „	sehr schwache React.	
<i>Hermione cupularis</i> SALISB. .	deutliche Reaction	„ „ „	deutliche Reaction	
<i>Calostemma luteum</i> SIMS. . .	„ „	„ „ „	sehr schwache React.	
<i>Clivia miniata</i> REGEL. . . .	sehr deutl. React.	„ „ „	keine Reaction	
„ <i>nobilis</i> hort. . . . .	keine Reaction	keine Reaction	deutliche Reaction	
<i>Amaryllis formosissima</i> L. . .	schwache Reaction	sehr deutl. React.	schwache Reaction	
<i>Tradescantia viridis</i> hort. . .	Spur	„ „ „	sehr deutliche React.	
„ <i>zebrina</i> hort. . . . .	deutliche Reaction	„ „ „	„ „ „	
<i>Galanthus nivalis</i> L. . . . .	keine Reaction	schwache Reaction	„ „ „	
<i>Narcissus incomparabilis</i> CUTRT. . . . .	deutliche Reaction	deutliche Reaction	keine Reaction	
<i>N. Pseudonarcissus</i> L. . . .	schwache Reaction	„ „	schwache Reaction	

Bemerkenswerth ist das häufige Vorkommen von Chlorverbindungen und Nitraten besonders der letzteren, da sie einen der werthvollsten Nährstoffe darstellen. Wenn die Prüfung auf Phosphorsäure im Safte durchweg ein negatives Resultat gegeben hat, so darf dies nicht so gedeutet werden, als ob überhaupt keine Phosphorverbindungen da wären. Phosphor fehlt auch hier nicht, lässt sich aber, da er in organischer Bindung vorkommt, erst in der Asche nachweisen.

### 3. Eiweiss, Stärke, Glykose und Gerbstoffe.

Das Eiweiss kommt in zweierlei Form vor, in krystallisirter und amorpher bezw. gelöster Form.

Eiweisskrystalloide. Solche fand ich zunächst im Schleimsafte der Amarylliden *Nerine undulata* (L.) HERB., *N. flexuosa* HERB. und *N. curvifolia* HERB. In dem Saft dieser Pflanze treten Kerne von runder, länglicher und wurstförmiger Gestalt oder typische Fadenkerne auf, wie sie oben für *Lycoris* geschildert wurden, und zahlreiche Krystalloide, denen ich auf Grund ihrer Eigenschaften einen eiweissartigen Charakter zuschreiben möchte. Sie haben die Form von Spindeln, Dolchen und Nadeln mit Haken oder peitschenartig umgebogenen Enden. Siehe Fig. 26.

Ihre Grösse schwankt bedeutend. Ich habe einige grössere und sehr grosse gemessen und folgende Dimensionen erhalten:

Länge	Breite
71 $\mu$	13,2 $\mu$
115 „	13 „
132 „	11 „
142 „	6,6 „
165 „	5 „

Nicht selten scheinen die Spindeln aus mehreren mehr oder minder parallel angeordneten Krystalloiden zu bestehen, deren Berührungsflächen der Spindel ein gestricheltes oder gestreiftes Aussehen verleihen. Fig. 26 a, b.

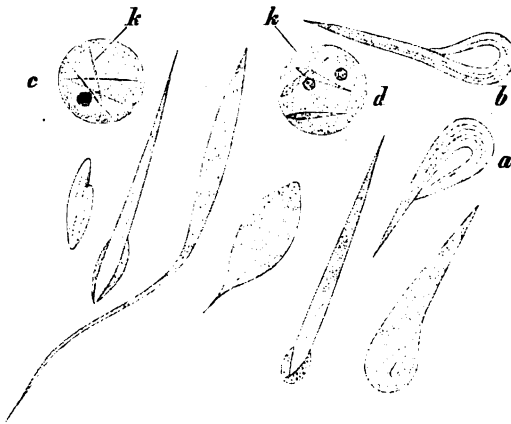


Fig. 26. Eiweisskrystalloide aus dem Schleimsaft von *Nerine curvifolia* HERB. Vergr. etwa 300. a, b Krystalloide mit Strichung. c, d Kerne mit Krystalloiden k.

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass auch einzelne Kerne derlei Krystalloide von Spindel-, Angel-, Halbmondform enthalten und zwar in der Ein- oder Mehrzahl. Fig. 26 c, d.

Im Wasser quellen sie, bilden Kugeln und verschwinden. Wird der frisch ausgeflossene Saft rasch auf 80 bis 100° erwärmt, so coaguliren sie und lösen sich hernach im Wasser nicht. In absoluten Alkohol bleiben sie ungelöst, in Jodjod-

kaliumlösung färben sie sich rasch gelb bis braun und in alkoholischer Fuchsinlösung roth.

Mit MILLON'schem Reagens erhielt ich bei den sehr grossen Spindeln manchmal eine schwach ziegelrothe und mit Salpetersäure eine Andeutung einer gelblichen Färbung.

Hervorheben möchte ich noch, dass diese Eiweisskrystalloide auf das Lebhafteste an die von mir zuerst in den Flachsprossen von *Epiphyllum* entdeckten erinnern<sup>1)</sup>. Mit diesen im Wesentlichen wohl

1) H. MOLISCH, Ueber merkwürdig geformte Proteinkörper in den Zweigen von *Epiphyllum*, Berichte der deutsch. botan. Gesellschaft, 1885, S. 195.

identisch sind die von MIKOSCH<sup>1)</sup> in den Zellen fleischiger Laubblätter von *Oncidium microchilum* BAT. und die von WAKKER in der Knollenepidermis der *Amaryllidee* *Tecophilaea cyanocrocus* aufgefundenen Eiweissgebilde.<sup>2)</sup>

Bei *Dichorisandra ovata* hort. treten im Plasma der Schleimgefässe gleichfalls eiweissartige Gebilde auf und zwar in Form von Spindeln (Fig. 24 C) und Polyedern. Die letzteren finden sich namentlich im Stengel recht häufig vor. Sie sind sehr klein, aber als Krystalle noch erkennbar und von 4- oder 6eckiger Form. Die bedeutend selteneren Spindeln sind viel grösser und zuweilen längsgestreift (Fig. 24 C a, b, c), wie dies auch die Spindeln von *Nerine* mitunter zeigen. Einzelne erscheinen von einer Haut, die sich manchmal blasenartig abhebt, umgeben. Fig. 24 C, d, d<sub>1</sub>.

Im Schleimsaft von *Tradescantia discolor* L'HÉRITE finden sich sehr zahlreiche, im Mittel 3—6  $\mu$  lange, in ihrer Gestalt an Bacillen erinnernde Stäbchen vor. Ob diese winzigen Gebilde gleichfalls Proteinkrystalle sind, konnte ihrer Kleinheit wegen leider nicht eruiert werden.

Das Vorkommen von Eiweisskrystalloiden in dem Inhalt der Schleimgefässe macht es nicht unwahrscheinlich, dass Eiweiss auch in gelöster oder amorpher Form auftreten dürfte. In der That sprechen die folgenden Beobachtungen sehr dafür. So färbt sich der ausfliessende Schleimsaft von *Agapanthus umbellatus* L'HÉRITE nach Behandlung mit conc. Schwefelsäure rosenroth und hierauf violett-purpurn. Diese Reaction ist vielleicht als RASPAIL'sche Reaction zu deuten, da dieser Saft auch mit MILLON'schem Reagenz eine schwach ziegelrothe und mit Salpetersäure eine schwach gelbliche Färbung annimmt. Deutliche oder merkliche Eiweissreactionen namentlich mit MILLON'schem Reagenz erhielt ich in dem Schleimsafte von *Lycoris radiata* HERB., *Landsbergia caracasana* DE VRIESE, *Hermione cupularis* SALISB., *Calostemma luteum* SIMS., *Clivia miniata* REGEL, *Amaryllis formosissima* L., *Tradescantia viridis* hort., *Galanthus nivalis* L., *Narcissus incomparabilis* CURT und *N. Pseudonarcissus* L.

---

1) C. MIKOSCH, Ueber ein neues Vorkommen geformten Eiweisses, Berichte der deutschen botan. Gesellsch., 1890, S. 33.

2) J. H. WAKKER, Ein neuer Inhaltskörper der Pflanzenzelle, PRINGSHEIM's Jahrbüch. f. w. Botanik, Bd. 23, S. 1—12. Vergleiche damit H. MOLISCH, „Bemerkung z. J. H. WAKKER's Arbeit: Ein neuer Inhaltskörper der Pflanzenzelle“, Ber. d. deutsch. botan. Ges., 1891, Heft 8.

**Stärke.** Auffallend ist das bis jetzt übersehene Vorkommen von Stärke in den Schleimgefässen. Bei *Lycoris radiata* HERB. finden sich in dem Saft zahlreiche zumeist kugelförmige, einfach oder zweifach zusammengesetzte Stärkekörner, die entweder direct oder erst bei Vermengung mit Wasser oder nach Fixirung die Stärkebildner in Form eines Hofes zeigen. In ausgezeichneter Weise gibt sich der Stärkebildner zu erkennen, wenn man den ausfliessenden Tropfen mit einem etwa eben so grossen Tropfen dest. Wassers vermischt. Der Stärkebildner bläht sich dann in Folge von Wasseraufnahme einer Vacuole gleich auf und umgiebt wie eine Blase das Stärkekorn. Dieses hat im Mittel einen Durchmesser von  $6,5 \mu$ , die umgebende aufgetriebene Blase ungefähr einen solchen von  $10 \mu$ .

**Glykose.** Es verdient hervorgehoben zu werden, dass Glykose, soweit die Untersuchungen reichen, ein regelmässiger Bestandtheil der Schleimgefässe ist. Folgende Pflanzen gaben mit FEHLING'scher Lösung ein positives Resultat:

<i>Agapanthus umbellatus</i> L'HÉRITE	<i>Clivia miniata</i> REGEL
<i>Landbergia caracasana</i> DE VRIESE	„ <i>nobilis</i> hort.
<i>Lycoris radiata</i> HERB.	<i>Ovieda corymbosa</i> SPRENG.
<i>Cyrtanthus obliquus</i> (L.) AIT.	<i>Amaryllis formosissima</i> L.
<i>Galanthus nivalis</i> L.	<i>Narcissus Pseudonarcissus</i> L.
<i>Hermione cupularis</i> SALISB.	„ <i>incomparabilis</i> CURT.

Zu bemerken ist, dass als positives Resultat nicht bloss eine Gelbfärbung angesehen werden darf, da das Alkali der FEHLING'schen Lösung viele Schleimsäfte allein schon gelb färbt. Nur wenn gleichzeitig mikroskopisch auch Kügelchen von Kupferoxydul nachgewiesen werden konnten, wurde auf die Anwesenheit von Glykose (oder besser gesagt von alkalische Kupferlösung reducirenden Substanzen) geschlossen.

**Gerbstoffe.** Während Glykose zu den häufigsten Bestandtheilen des Schleiminhaltes gehört, tritt Gerbstoff hingegen relativ selten auf. So führt *Lycoris radiata* HERB. einen eisengrünenden Gerbstoff, während der Schleimsaft von *Narcissus incomparabilis* COURT. und *N. Pseudonarcissus* L. mit Eisenvitriol einen blauvioletten Ton annimmt.

#### 4. Ein neuer Körper: Luteofilin.

Wenn man ein Blatt von *Clivia nobilis* hort. senkrecht zur Längsachse rasch mit der Scheere quer durchschneidet, so fliesst aus den Schnittflächen ziemlich reichlich schleimiger, milchig getrübler Saft

hervor, eine Eigenthümlichkeit, die für viele Repräsentanten der Amaryllideen geradezu charakteristisch ist. Dieser Saft stammt aus Schleimgefässen, die das Mesophyll des Blattes als lange Röhren durchziehen, wie dies HANSTEIN<sup>1)</sup> für eine Reihe von Amaryllideen seinerzeit dargethan hat.

Unter dem Mikroskope gewahrt man im Schleimtropfen hie und da einzelne Zellkerne und eine Unzahl kleiner Kalkoxalatrapihen, welche die milchige Trübung bedingen, sonst erscheint der Saft ziemlich klar. Aber schon nach wenigen Minuten schiessen auch unter dem Deckglase Hunderte von Sphärokrystallen an, entweder einzeln oder zu zweien, dreien oder reihenweise mit einander verwachsen. Fig. 27. Zuweilen treten auch Nadelbüschel auf. Das ganze Gesichtsfeld erscheint bald mit Sphäriten wie übersät und und der Saft in einen Krystallbrei verwandelt. Diese Sphärite sind verschieden in ihrer Grösse: Von kleinen kaum  $1\ \mu$  grossen Pünktchen bis zu solchen, welche einen Durchmesser von  $140\ \mu$  erreichen, finden sich alle Uebergänge vor und alle sind sie ausgezeichnet durch eine ausserordentlich zierliche concentrische Schichtung, durch Doppelbrechung und durch ein dunkles Kreuz, das sie im Polarisationsmikroskop bei gekreuzten Nikols aufweisen.

Das fast gleich nach dem Ausfliessen des Tropfens aus der Pflanze stattfindende Auftauchen der Sphärite und ihre überaus grosse Zahl deutet darauf hin, dass der Schleimsaft unter Anderem eine nahezu gesättigte Lösung eines Körpers darstellt, der in ausserordentlich grossen Mengen vorhanden sein muss.

Die Sphärite sind löslich im Wasser, hingegen unlöslich in absolutem Alkohol, Aether und Benzol. Concentrirte Salzsäure bringt die Krystalle rasch zum Verschwinden und erzeugt aus denselben eine krystallinische Masse, oder regelmässige und knollige Sphärite. Dieselben Krystallisationen gibt auch der Schleimsaft direct mit Salzsäure. Die Krystallisation erfolgt besser bei Anwendung von

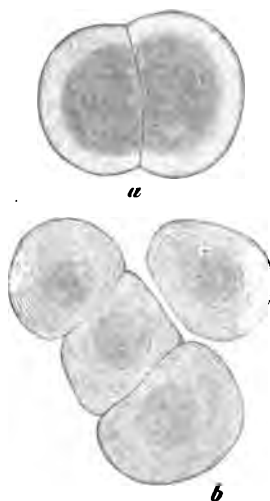


Fig. 27. Sphärite von Luteofilin aus dem Schleimsaft von *Clivia nobilis* hort. Vergr. etwa 300.

1) J. HANSTEIN, Die Milchsaftgefässe und die verwandten Organe der Rinde, Berlin 1864, S. 37.

mässig verdünnter Salzsäure. Es entstehen dann neben den genannten Krystallen auch tonnenförmige und prismatische. Aehnlich wirkt verdünnte Salpetersäure.

Eine besonders charakteristische Reaction geben die Sphärite mit wässriger Kalilauge. Bei Einwirkung einer etwa 20-proc. Kaliumhydroxydlösung entsteht unter dem Deckglase unter gleichzeitigem allmählichen Verschwinden der Sphärite ein kanariengelber krystallinischer Brei: in der Nähe der Sphärite bilden sich ellipsoidische, kugelrunde, etwas weiter wurzel- oder rübenartige Krystalle und in weiterer Entfernung entweder gelbe amorphe körnige Niederschläge oder höchst eigenartige haarartige Bildungen, eine Art Filz von geschlängelten, oft ausserordentlich feinen gelben Fäden<sup>1)</sup>, die lebhaft an ein Pilzmycelium erinnern. Bei dieser Reaction werden die Kalkoxalatraphiden auf-

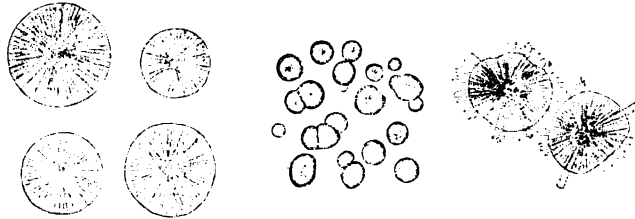


Fig. 28. Sphärite aus dem Schleim von *Galanthus nivalis* L. nach Behandlung des Schleimes mit Salzsäure. Vergr. etwa 300.

fallenderweise auch gelb und gleichzeitig wachsen von der Oberfläche derselben aus die gelben Fäden in grosser Zahl aus, so dass eine solche Raphide schliesslich einer mit Geisseln bedeckten Riesebakterie nicht unähnlich sieht. Fig. 29 r. Alle diese krystallinischen Bildungen erscheinen im durchfallenden Lichte kanariengelb und besonders die haarartigen im auffallenden Lichte, namentlich gegen einen schwarzen Hintergrund betrachtet (in Folge von Fluorescenz), blau. Sie sind alle doppeltbrechend und leuchten im polarisirten Lichte im dunkeln Gesichtsfelde lebhaft auf, und zwar die dickeren vornehmlich in gelbem, die feinhaarigen hingegen in gelbem und blauem Lichte, während die derberen Krystalle nur bei Anwesen-

1) Wegen dieser ungemein charakteristischen Eigenschaft bei Einwirkung von Kalilauge gelbe Fäden zu bilden, will ich diesen Körper vorläufig zum Zwecke einer kurzen Ausdrucksweise Luteofilin (luteus gelb, filum der Faden) nennen.

heit von etwas mehr Substanz auftreten, bilden sich die haarartigen selbst bei ziemlich verdünnten Lösungen, ein Umstand, der die mikrochemische Verwerthbarkeit der Kalilauge-*reaction* sehr erhöht. Ich will diese *Reaction* im folgenden der bequemerem Ausdrucksweise als „Filzreaction“ bezeichnen (Fig. 29).

Natronlauge und Ammoniak geben die Probe nicht. Die vorhin geschilderten *Reactionen* mit den Sphäriten von *Clivia nobilis* hort. *gelingen* auch in derselben Weise mit dem frisch ausfliessenden Schleimsaft. Am zweckmässigsten verfährt man bei directer Prüfung des Saftes in der Weise, dass man auf dem Objectträger ein Tröpfchen des Schleims mit dem betreffenden Reagens (KOH, HCl etc.) zur Berührung bringt und sodann mit dem Deckglas bedeckt. In der Diffusionszone treten dann alsbald die *Reactionen*

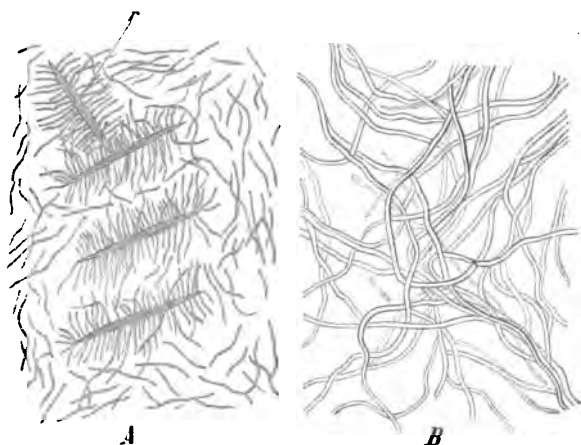


Fig. 29. Filzreaction des Luteoflin mit Kalilauge. Vergr. etwa 300. A Schleimsaft von *Galanthus nivalis* L. nach Behandlung mit Kalilauge, r Raphiden umgeben von Filz. B Filzreaction mit dem Schleim von *Narcissus Pseudonarcissus* L.

ein. Von weiteren Eigenschaften der Sphärite sei bemerkt, dass sie mit phosphorsaurem Ammon-Natron keine Magnesia-, mit Platinchlorid keine Kali- und mit Ammoniummolybdat keine Phosphorsäure-*reaction* geben. Beim Erhitzen auf dem Deckglas verkohlen sie und hinterlassen endlich etwas in Säure aufbrausende und verschwindende Asche. Da auf Zusatz von  $\alpha$ -Naphtol und concentrirter Schwefelsäure keine Violettfärbung, also keine Zucker-(Furfurol)*Reaction* erfolgt, so möchte ich aus all den angeführten Thatsachen den Schluss ziehen, dass die Sphärite (vermuthlich aus einer neuen) organischen Substanz bestehen, die weder zu den Kohlehydraten noch zu den Glykosiden gehört.

Der Schleimsaft der von mir daraufhin untersuchten Amaryllideen (*Clivia nobilis* hort., *Galanthus nivalis* L. und andere), giebt auch die gewöhnlichen Alkaloidreactionen, d. h. Fällungen, die bald amorph, bald krystallinisch ausfallen. So erhielt ich beim Schleimsaft von *Galanthus nivalis* bei rascher Einwirkung von Quecksilberchlorid, Pikrinsäure, Phosphorwolframsäure, Platinchlorid, Goldchlorid und Jodjodkalium reichliche amorphe Niederschläge und bei langsamer Einwirkung, d. h. wenn man den Schleimtropfen und den Reagentropfen durch Auflegen des Deckglases zur Berührung brachte, mit gewissen Reagentien auch krystallinische Fällungen. So schieden sich auf Zusatz von Pikrinsäure (wässrige conc. Lösung) zahlreiche gelbe Tropfen

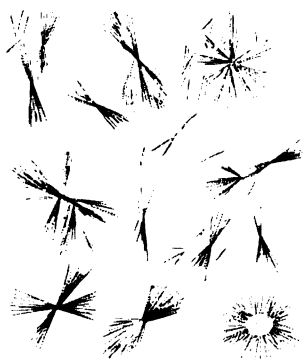


Fig. 30. Krystallbüschel aus dem Schleimsaft von *Galanthus nivalis* L., entstanden beim langsamen Verdampfen. Vergr. etwa 300.

ab, die nach und nach zu Sphäriten erstarrten; auf Zusatz von Platinchlorid (10-proc. wässrige Lösung) theils riesige goldgelbe Sphärite mit schöner zarter Schichtung, theils farblose oder graue stern-, büschel- und pinselartige Aggregate, theils Tropfen. Nach diesem Befund wäre es verlockend, hier und bei verwandten Pflanzen nach Alkaloiden zu suchen, und dieses Suchen dürfte um so mehr Erfolge versprechen, als ja bereits von ERRERA <sup>1)</sup> und seinen Schülern bei *Narcissus*-Arten und von EHRHARDT <sup>2)</sup> bei *Leucojum vernum* und *Narcissus poeticus* Alkaloide aufgefunden worden sind.

Es war die Vermuthung nahe liegend, dass das Luteofilin nicht bloss bei *Clivia nobilis* hort., sondern auch bei anderen Amaryllideen vorhanden sein dürfte. Ich

habe daher zunächst die mir zugänglichen Gattungen und Arten dieser Familie und sodann deren Verwandte daraufhin untersucht und habe bei folgenden Pflanzen die Filzreaction mit 20-proc. Kalilauge und bei den meisten davon die Sphärite mit Salzsäure erhalten. Die Reaction mit Kalilauge ist viel empfindlicher als die mit Salzsäure, demnach

1) L. ERRERA, MAISTRIAU et G. CLAUTRIAU, Premières recherches sur la localisation et la signification des alcaloides dans les plantes, Bruxelles 1887. S. 19.

2) E. EHRHARDT, Chemische Untersuchung der wesentlichen Bestandtheile des *Leucojum* und des *Narcissus poeticus*, Inaugur.-Dissert. Jurjew, 1893.



kann es, wenn der fragliche Körper in geringer Menge vorhanden ist, geschehen, dass nur mehr die eine der Reactionen eintritt<sup>1)</sup>.

Die Filzreaction trat bei folgenden Pflanzen ein:

Amaryllideae.

Narcissus Pseudonarcissus L.  
„ Tazetta L.  
„ poëticus L.  
„ biflorus CURT.  
Pancratium maritimum L.  
Eucharis amazonica LINDEN.  
Crinum sp.  
Galanthus nivalis L.  
„ plicatus.  
Cyrtanthus obliquus (L.) AIT.  
Hermione cupularis SALISB.  
Landsbergia caracasana DE VRIESE.  
Calostemma luteum SIMS.  
Ovieda corymbosa SPRENG.  
Lycoris radiata HERB.  
Nerine curvifolia HERB.  
Zephyranthes candida HERB.  
Leucojum vernal.  
„ aestivum L.  
Sternbergia lutea L.

Liliaceae.

Convallaria majalis L.  
Aspidistra elatior.  
Asparagus officinalis L.  
Polygonatum multiflorum (L.) ALL.  
„ verticillatum (L.) ALL.

---

1) Ich untersuchte bei jeder Pflanze, wofern sie Schleimgefäße besass, sowohl den Schleim für sich als auch Blattquerschnitte. Die Untersuchung des Schleimes allein genügt noch nicht, da bei manchen Pflanzen das Blattgewebe die Reaction giebt, während sie beim Schleim ausbleibt. Betonen möchte ich ferner, dass nur *Clivia nobilis* hort. beim Verdampfen des Schleimes die beschriebenen Sphärite gab, die anderen Amaryllideen (*Galanthus nivalis* L., *Narcissus Pseudonarcissus* L.) an Stelle dieser gewöhnlich nadelartige Aggregate in Form von Sternen, einfachen und doppelten Pinseln auftreten lassen, wie dies die Fig. 30 zeigt.

Commelinaceae

*Dichorisandra ovata* hort.

Gramineae.

*Phalaris Canariensis* L.

*Zea Mais* L.

*Phleum pratense* L.

*Lolium perenne* L.

Lobeliacee.

*Centropogon Luciani* (im Milchsaft!)

*Lobelia inflata* L. („ „ !)

Hingegen war das Resultat ein negatives bei *Amaryllis formosissima* L. (Blüthenschaft) und *Clivia miniata* REGEL <sup>1)</sup> *Tradescantia viridis* hort., *Tulipa* sp., *Agave americana*, *Iris* sp., *Bambusa* sp., *Calla aethiopica*, *Ravenala madagascariensis* POIR, *Ruscus Hypoglossum* L., *Hartwegia comosa*, *Fritillaria imperialis* L., *Crocus sativus* L., *Ornithogalum nutans* L. und *Lobelia Erinus*.

Die Menge des Stoffes schwankt, nach dem Ausfall der Reaction bei verschiedenen Gattungen und Arten zu schliessen, zwischen weiten Grenzen. Ungemein reich daran ist der Schleimsaft von *Clivia nobilis*, hingegen sehr arm der von *Lycoris*, *Nerine* und *Zephyranthes*. Für die Darstellung des fraglichen Körpers würde sich demnach *Clivia nobilis* hort. am besten eignen. Da aber diese Pflanze in grossen Mengen nicht zur Verfügung stand, und da die Anschaffung grösserer Mengen davon zu grosse Kosten verursacht hätte, so musste nach einer anderen Pflanze Umschau gehalten werden.

Das Schneeglöckchen *Galanthus nivalis* L. enthält nicht unbedeutende Mengen von Luteofilin, es war also nicht unwahrscheinlich, dass man aus dieser Pflanze, die im Frühlinge in grösseren Mengen gesammelt werden konnte, den zu bestimmenden Körper würde abscheiden können. — Derselbe findet sich, wie ich auf Grund mikrochemischer Reactionen mit Schleimsaft und Schnitten ersehe, in allen Organen der blühenden Pflanze, in der Wurzel und Blüthe in relativ

---

1) Der Schleim dieser Pflanze ist nicht weisslich, wie der von *Clivia nobilis* hort., sondern gelb und enthält Tausende auffallend kleiner Raphiden. Beim Eintrocknen an der Luft entstehen auch nicht Sphärite und Nadelbüschel, wie bei *C. nobilis*, sondern meist prismatische oder relativ dicke Raphiden eines mir unbekannten Körpers.

geringen Mengen, in bedeutenderen in der Zwiebel und den Blättern. Ebenso verhält sich *Narcissus Pseudonarcissus* L.

Es ist nicht leicht zu sagen, ob unser Körper bei den verschiedenen Amaryllideen nur in den Schleimgefässen oder auch in den anderen Gewebebestandtheilen vorhanden ist, da er sich aus den Schleimbehältern bei der geringsten Verletzung über die benachbarten Elemente rasch ergiesst oder aus getödteten Schleimgefässen in die Umgebung diffundirt. Dass er im Schleimsaft gewöhnlich in grosser Menge auftritt, daran ist sicherlich nicht zu zweifeln. Ob er auch in den anderen Gewebebestandtheilen vorkommt, vermag ich nicht bestimmt zu sagen, doch halte ich dies nicht für unwahrscheinlich, da ich in manchen Fällen, so z. B. bei *Zephyranthus candida* HERB. im Schleimsaft ein negatives, in Blattquerschnitten aber ein positives Resultat erhielt und weil auch Pflanzen ohne Schleimgefässe (Gramineen) die Reaction geben.

Mit Rücksicht darauf, dass das Luteofilin nicht auf eine oder einige wenige Pflanzen beschränkt ist, sondern im Bereiche der Monocotylen eine ziemlich weite Verbreitung besitzt, schien es mir in hohem Grade wünschenswerth, meine mikrochemischen Untersuchungen durch makrochemische ergänzt zu sehen. Mein verehrter Herr College, Prof. Dr. GU. GOLDSCHMIEDT hatte die Güte, sich dieser Aufgabe zu unterziehen und mir über das Ergebniss seiner Untersuchungen folgendes mitzuthemen, wofür ich ihm meinen besten Dank ausspreche.

„In Folge einer Anregung durch meinen Collegen Prof. MOLISCH habe ich einige, leider wenig erfolgreiche Versuche ausgeführt, welche zum Zwecke hatten, den von MOLISCH auf mikrochemischem Wege im Schleimsafte von *Clivia nobilis* entdeckten interessanten Körper in grösseren Mengen darzustellen, um dessen eingehendere chemische Untersuchung zu ermöglichen, Prof. MOLISCH, welcher dieselbe Verbindung durch die von ihm beschriebene „Filzreaction“ auch in anderen Amaryllideen aufgefunden hatte, empfahl als Ausgangsmaterial, das leicht in grösseren Quantitäten beschafft werden konnte das Schneeglöckchen (*Galanthus nivalis*).

Ich habe von dieser Pflanze im Frühjahre 1899 in mehreren Partien ca. 30 kg in frischem Zustande verarbeitet und theile das dürftige Resultat auf besonderen Wunsch MOLISCH's mit:

Die von Erde möglichst befreiten, mit der Scheere zerschnittenen Pflanzen, wurden mit dem dreifachen Gewichte Wasser eine Stunde gekocht, dann durch ein Tuch colirt, gepresst und die gesammte trübe Flüssigkeit durch Papier filtrirt, das dieselbe nur sehr langsam

durchlässt. Obwohl diese Lösung mit viel festem Aetzkali einen voluminösen gelben Niederschlag, wohl MOLISCH's Filz, lieferte, erwies sich die Abscheidung der Verbindung auf diesem Wege als nicht durchführbar. Es wurde nun die Lösung durch Vacuumdestillation auf das halbe Volumen gebracht, wobei es sich zeigte, dass eine sehr geringe Menge das Destillat gelb färbender Substanz mit den Wasserdämpfen übergang. Die concentrirte Flüssigkeit wurde mit dem gleichen Volumen 90-proc. Alkohol versetzt, wodurch colossale Mengen von „Schleim“ ausgefällt wurden, deren Filtration grosse Schwierigkeiten bereitet. Vom Filtrat wurde der Alkohol im Vacuum abdestillirt und der wässrige Rückstand zuerst mit Bleizucker, dann nach der Filtration mit Bleiessig versetzt, so lange diese Reagentien noch fällend wirkten. Der erste Niederschlag war hellgelb, flockig, der zweite citronengelb, mehr pulvrig und liess sich gut filtriren. Beide Niederschläge wurden mit Schwefelwasserstoff unter Wasser zerlegt und die Filtrate vom Schwefelblei eingedunstet. Sowohl in dem ausgefallten Schleim als auch in den Bleifällungen war die Anwesenheit des mit Kalilauge die Filzreaction liefernden Körpers an der Gelbfärbung der Lösungen durch dieses Reagens zu erkennen, doch nur aus der Fällung mit Bleiessig war dasselbe in fassbarer, wenn auch sehr geringer Menge abzuscheiden. Die Lösung wurde zur Syrupsdicke eingedampft und einige Tage im Vacuum über Schwefelsäure stehen gelassen, wobei dunkle, grünlich braune Massen zur Ausscheidung kamen, die abgesaugt wurden. Die Menge betrug im Ganzen etwa 3—4 g, war aber, obwohl sie die „Filzreaction“ sehr stark zeigte, noch mit einer anderen Substanz mehr als zur Hälfte vermischt, die aber in Folge ihrer Unlöslichkeit in Methylalkohol leicht entfernt werden konnte. Der Rückstand der Holzgeistlösung war braungrün, undeutlich krystallinisch. Mit Rücksicht auf die geringe Menge verfügbarer Substanz erschien jeder Versuch einer Reinigung, um wenigstens eine Analyse ausführen zu können, aussichtslos. Der Körper gab die LASSAIGNE'sche Stickstoffprobe, es möge aber dahingestellt bleiben, ob dieselbe nicht etwa durch eine stickstoffhaltige Verunreinigung bedingt sein könnte.

Das Präparat ist in Alkalien und Carbonaten leicht löslich und wird durch Mineralsäuren in brauen Flocken wieder ausgefällt. Es ist löslich in Holzgeist und verdünntem Alkohol, in Wasser nur schwer. Die alkoholische Lösung wird durch Eisenchlorid braungrün gefärbt. Bleiacetat fällt einen orangegelben Niederschlag, der Schwefelantimon täuschend ähnlich sieht“.

Der grosse Reichthum des Schneeglöckchens an schleimigen Stoffen war gewiss eine der Hauptursachen, warum die Reindarstellung des Luteofilins so grosse Schwierigkeiten bereitete. Da es mir aber kurz vor Abschluss des Manuskriptes gelang, unseren Körper auch bei zahlreichen Gramineen (*Phalaris canariensis* L., *Zea Mais* L., *Phleum pratense* L., *Lolium perenne* L. etc.), also bei viel weniger schleimreichen Gewächsen und sogar im Milchsaft einer dicotylen Pflanze nämlich der Lobeliacee *Centropogon Luciani*, aufzufinden, so dürfte es in Zukunft bei passender Auswahl einer Luteofilin führenden Pflanze doch gelingen, das Luteofilin in grösserer Menge und in reiner Form zu gewinnen und sodann seine noch unbekannte chemische Natur zu bestimmen.

---

Es sei noch auf das massenhafte Vorkommen einer krystallisirenden organischen Substanz aufmerksam gemacht, die sich in den Secretbehältern von *Hemerocallis fulva* L. vorfindet.

Wenn man ein frisches Blatt dieser Pflanzen — ich untersuchte Blätter im Monat Mai bis Juni — quer durchschneidet, so treten aus der Schnittfläche wasserklare Tröpfchen heraus, die oft gleich darauf oder nach einer bis mehreren Minuten sich trüben, d. h. weiss zu werden beginnen und nach dem Verdampfen ein Haufwerk von farblosen Krystallen oder Krystallaggregaten hinterlassen.

Die Krystalle sind nadelförmig, spiessig, entweder einzeln oder zu büschel-, stern-, bürsten- oder pinselartigen Aggregaten vereint.

Sie sind in Wasser, Ammoniak, Kalilauge leicht löslich, desgleichen auch in Mineralsäuren (Salz- Schwefel-, Salpetersäuren), hingegen schwer löslich in Alkohol und unlöslich in Glycerin und Benzol. Die Krystalle zeigten keine Chlor-, Kalk-, Magnesia-, Phosphorsäure- noch Salpetersäure-Reaction. Sie verbrennen zum grössten Theile. Sie geben mit  $\alpha$ -Naphtol und Schwefelsäure keine Violettfärbung, gehören demnach keinem Kohlehydrat und wahrscheinlich auch keinem Glykosid an.

Auch in dem Schleimsafte der *Tradescantia zebrina* hort. ist eine concentrirte Lösung eines krystallisirenden Körpers vorhanden, der beim Verdampfenlassen eines Schleimtropfens auf dem Objectträger in zahllosen, wohlausgebildeten, farblosen Krystallen erscheint, die im Polarisationsmikroskop aufleuchten und zumeist anscheinend Combinationen einer Pyramide und Säule darstellen.

---

Ebenso wie beim Milchsaft, wissen wir auch über die Function der Schlauchgefässe noch wenig Sicheres.

Schon HANSTEIN<sup>1)</sup> sagte: „Was endlich die specielle Function der Schlauchgefäße betrifft, so lässt sich darüber schwer eine directe Beobachtung machen. Wenn man jedoch beachtet, dass ihre oberen Enden zwischen den assimilirenden Zellen des pneumatischen Parenchyms der Blätter liegen, dass sie von da an lange, selten oder gar nicht unterbrochene Kanäle bis zu den Nahrungsbehältern der Zwiebeln oder der Stengelrinde bilden, dass sie oberhalb dünnflüssigen Saft, unterhalb zum Theil Milchsaft führen, und dass sich entweder in ihrem eigenen Raum oder — wie bei den Allium-Arten — unmittelbar in den Nachbarzellen Krystalle abscheiden, die doch für Residua der Assimilation zu halten sind: so liegt die Meinung nahe, dass sie selbst einen Theil des assimilirten Nährsaftes aus den Blättern zur Verbrauchsstätte hinableiten.“

Im Zusammenhang mit dieser Auffassung dürften meine Beobachtungen über das häufige Vorkommen von Eiweiss und Glykose in dem Inhalt der Schlauchröhren von Bedeutung sein, da es den Erfahrungen widerspricht, solche Stoffe zu den Excreten zu zählen und wir gerade derartige Substanzen in den Leitungsbahnen vorzufinden und als plastische Stoffe zu betrachten gewöhnt sind.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass der Schleimsaft der Schlauchgefäße ebenso wie der Milchsaft eine vielseitige Rolle im Leben der Pflanze spielt, sei es in dem bereits berührten Sinne, sei es als Reservestoff, wie bei den Knollen der Orchideen, sei es als Schutzmittel gegen Thierfrass oder sei es als Wasserspeicher, wofür er sich in Folge der kolloidalen Beschaffenheit und der darin vorkommenden, oft sehr concentrirten Lösungen von krystallisirenden Substanzen besonders eignen würde.

So spricht Manches dafür, dass sich bei Versuchen, welche sich speciell auf die Function der Schlauchgefäße erstrecken werden, vielleicht herausstellen wird, dass die Schlauchgefäße analoge Leistungen wie die Milchröhren vollbringen und als diesen mehrfach physiologisch gleichwerthige Organe zu betrachten seien.

#### Anhang.

Im Anschluss an die Milchröhren und Schleimgefäße seien hier noch Secretbehälter besprochen, die weder zu den Milchröhren noch zu den Schleimgefäßen gerechnet werden können, die aber doch eine gewisse Verwandtschaft mit ihnen bekunden und daher hier abgesondert betrachtet werden sollen. — Es sind dies die Aloëharzbehälter.

---

1) J. HANSTEIN, l. c., S. 44.

### Die Aloëharzbehälter. (Aloëzellen.)

Schneidet man ein Blatt von Aloë, z. B. von *Aloë soccotrina* DC. in der Mitte quer durch, so kann man auf dem Querschnitt unter der Oberhaut eine mehrzellige Schicht von chlorophyllreichem Parenchym, daran stossend einen Kranz von Gefässbündeln und gegen das Innere des Blattes zu ein farbloses, ungemein saftreiches

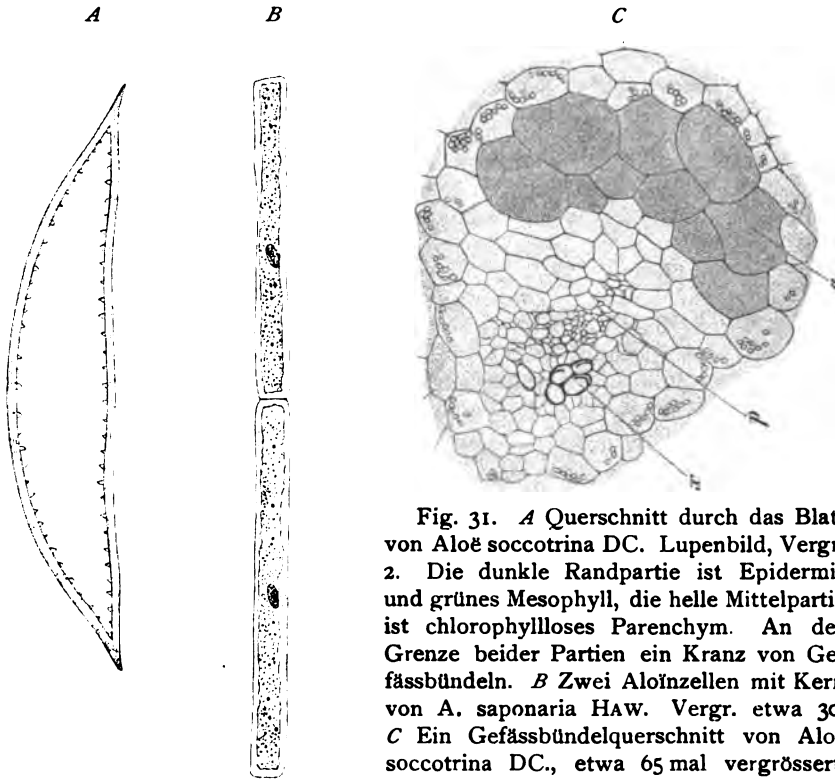


Fig. 31. *A* Querschnitt durch das Blatt von *Aloë soccotrina* DC. Lupenbild, Vergr. 2. Die dunkle Randpartie ist Epidermis und grünes Mesophyll, die helle Mittelpartie ist chlorophylloses Parenchym. An der Grenze beider Partien ein Kranz von Gefässbündeln. *B* Zwei Aloëzellen mit Kern von *A. saponaria* HAW. Vergr. etwa 30. *C* Ein Gefässbündelquerschnitt von *Aloë soccotrina* DC., etwa 65 mal vergrößert. *x* Xylem, *p* Phloëm, *a* Aloëzellen.

Parenchym beobachten, welches den grössten Theil des Blattes ausmacht. Fig. 31 *A*. Das Gefässbündel besteht gewöhnlich aus einem Holz- und einem Basttheil. Der letztere ist gegen die Oberhaut zu von einer Gruppe weiltumiger Elemente umsäumt, welche die sogenannte Aloë der Pharmakopöe liefern. Fig. 31 *C*, *a*. Es sind die Aloëzellen. Fig. 31 *C*, *a* und *B*<sup>1)</sup>. Dass man es hier wirklich mit

1) Aus den bei FLÜCKIGER (Pharmakognosie, I. c., S. 203) zusammengestellten Litteraturberichten geht hervor, „dass sich der Aloësaft aus der Schnittfläche

Zellen und nicht mit Fusionen zu thun hat, geht bereits aus den Arbeiten von ZACHARIAS<sup>1)</sup>, PROLLIUS<sup>2)</sup> und meiner<sup>3)</sup> Untersuchung hervor; desgleichen habe ich nachgewiesen, dass jede dieser Aloëzellen einen Plasmakörper, einen Zellkern und den Aloësaft enthält. Fig. 31 B. Ihre Wand ist nach ZACHARIAS verkorkt<sup>4)</sup>.

Kern. Was an den Kernen der Aloëbehälter zunächst auffällt, ist ihre bedeutende Grösse. Ich habe bereits an einem anderen Orte ausführlich auseinandergesetzt, dass diese Kerne bei gewissen Arten, z. B. bei Aloë saponaria, alle bisher bekannten an Grösse derart übertreffen, dass man sie mit Recht als „Riesenkerne“ bezeichnen kann. — Sie sind bald kugel-, ei-

des Blattes ohne weiteres in reichlicher Menge ergiesst, ein Vorgang, welcher wohl in gleichen Spannungsverhältnissen des vollaftigen Blattes seinen Grund hat, wie z. B. die Entleerung der Milchröhren in so vielen Pflanzen. Durch den Druck des Saftes auf die beim Abschneiden blossgelegte Zellwand platzt diese und alle übrigen Zellen des betreffenden Stranges von gleichen Saftbehältern werden jener folgen.“

Nach den in meinem Laboratorium mit Glashauspflanzen gemachten Versuchen liefert ein an der Basis oder in der Mitte quer durchschnittenen Blatt z. B. von Aloë soccotrina DC. in aufrechter normaler Stellung nur relativ wenig (3–10 Tropfen) Aloësaft, ganz entsprechend dem anatomischen Bau der Aloëbehälter, denn diese sind ja Zellen und keine Fusionen. Es kann sich daher nur Saft aus den aufgeschnittenen Zellen ergiessen, aus den darüberliegenden aber nicht. Wenn nun FLÜCKIGER meint, dass durch den Druck des Saftes nach dem Anschneiden die Querswände der Aloëzellen platzen, so ist dies eine blosser, durch nichts begründete Annahme, die bei meinen Versuchen nicht zutrifft und auch bei der Gewinnung der Aloë in den Tropen, wenn man den Schilderungen darüber trauen darf, nicht zutreffen dürfte. Demgemäss müsste man sich vorstellen, dass den Aloëblättern der Aloësaft nur zum geringen Theil abgezapft wird, der grössere Theil aber in den Blättern verbleibt. Oder sollte sich mit dem Alter der Blätter nachträglich vielleicht eine Resorption der Aloëzellen einstellen? Es wäre meiner Meinung nach eine nicht undankbare Aufgabe, die Aloëgewinnung in den Tropen an Ort und Stelle von dem berührten Gesichtspunkte aus zu studiren.

Auch A. E. VOGL (in WIESNER's „Die Rohstoffe des Pflanzenreichs, I. c., S. 416–417) zweifelt, dass die angeführte Gewinnungsweise durch blosses Abschneiden der Blätter und Ausrinnenlassen eine genügende Ausnutzung der Blätter ergeben würde, und hält es daher für sicher, dass die Aloë meistens in anderer Weise gewonnen wird und zwar durch Zerkleinern der Blätter, nachherige Extraction und Eindicken des gewonnenen Saftes.

1) E. ZACHARIAS, Ueber Secretbehälter mit verkorkten Membranen, Bot. Zeitg., 1879, S. 637.

2) F. PROLLIUS, Ueber Bau und Inhalt der Aloëenblätter, Stämme und Wurzeln, Archiv d. Pharmacie, 1884, S. 553.

3) H. MOLISCH, Ueber Zellkerne besonderer Art, I. c., S. 87.

4) H. MOLISCH, ebenda.



becherförmig, länglich, rund, gelappt, langgestreckt, seltener fadenförmig (*Aloë paniculata* JACQ.) und an ihrer Oberfläche sonderbarer Weise häufig ähnlich wie eine Melone gerippt oder unregelmässig gefurcht. Fig. 32 *B, a, b*.

Noch in einer anderen Beziehung weichen unsere Kerne von allen bisher bekannten ab, darin nämlich, dass sie in vielen Fällen eine so deutliche, scharf abgegrenzte Kernhaut aufweisen, als ob sie eingekapselt wären. Derartige Kerne sehen wie Zellen aus, die schwach plasmolysirt wurden. Fig. 32 *A, a, b*.

Besonders deutliche Kernmembranen finden sich bei *Aloë barbadensis* MILL., *A. umbellata* DC., *A. paniculata* JACQU., *A. Schimperi* TODERO, *A. punctata* HAW., *A. elegans* TODERO, *A. picta* THUNB. und *A. latifolia* HAW.

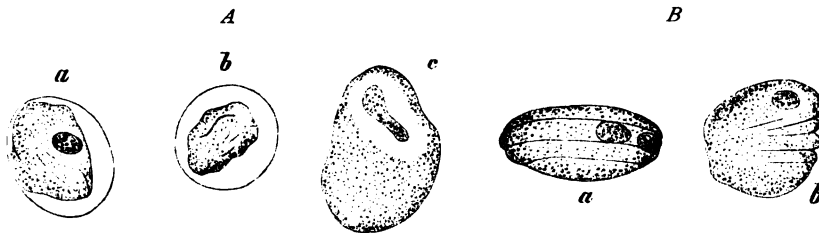


Fig. 32. *Aloë saponaria* HAW. Riesenkerne aus den Aloëzellen. *A, a, b* Kerne mit deutlicher Kernhaut, *B, a, b* Kerne an der Oberfläche mit Furchen. Vergr. etwa 300.

Der Aloësaft der Aloëzellen ist meist in verschiedenem Grade gelb gefärbt, selten weisslich wie bei *Aloë subterbuculata* HAW. Der Saft <sup>1)</sup> erscheint bald mehr oder minder klar, bald als eine Emulsion, deren Aussehen jedoch ziemlich verschieden ist. Bei *Aloë soccotrina* DC. enthält der frisch aufgefangene Saft, abgesehen von den Kernen, in einer homogenen Flüssigkeit zahlreiche Tröpfchen, Vacuolen und unregelmässige Schollen und Brocken einer weisslichen harzartigen Substanz, welche sich in Alkohol grösstentheils löst.

Der Saft von *Aloë Schimperi* TODERO fällt durch eigenthümliche Kugeln von harzigem Aussehen auf. Fig. 33 *B, a*. Gewöhnlich bestehen diese Kugeln — ähnliche kommen auch bei *A. picta*

1) Der aus dem Blattquerschnitt fliessende Saft stammt natürlich nicht bloss aus den Aloëzellen, sondern zum Theil auch aus anderen Elementen. Besteht daher ein Zweifel, ob ein Bestandtheil aus den Aloëzellen oder aus anderen Zellen herrührt, so muss dies immer an passenden Schnitten entschieden werden.

THUNB. vor — an der Peripherie aus homogener weicher, gegen die Mitte zu aus trüber körniger Substanz. Mitunter springt die homogene Masse unregelmässig bis zum Mittelpunkte vor, wodurch die körnige Substanz in mehrere Partien zerklüftet wird. Einige Male konnte ich an den Kugeln eine sich deutlich abhebende Membran beobachten. Die Kugeln lösen sich grösstentheils in Alkohol auf.

Nachweis des Aloïns. Bei der Analyse verschiedener Aloësorten des Handels hat man als charakteristischen Bestandtheil mehrere Aloïne nachgewiesen, die je nach verschiedenen Arten verschieden sind und nach der Ansicht mancher Chemiker eine homologe Reihe bilden (Barbaloin, Nataloin, Socaloin)<sup>1)</sup>.

Nach den Untersuchungen von TSCHIRCH, PEDERSEN<sup>2)</sup> und OESTERLE<sup>3)</sup> besteht eine nahe Verwandtschaft zwischen Aloïn und Emodin, da sich Aloïn in Emodin überführen lässt.



Fig. 33 A Aloënsphärite von Aloë soccotrina DC. Direct durch langsames Verdunsten unter dem Deckglas gewonnen. Sehr Schwache Vergr. B Aloë Schimperii TODERO. a Kugeln von harzartigem Aussehen. b Gelbe krystallinische Massen aus den Aloënzellen. Vergr. etwa 300.

Bei manchen Aloë-Arten gelingt es einfach dadurch, dass man den frischen Safttropfen auf dem Objectträger mit einem Deckglas bedeckt und 1 bis mehrere Tage frei liegen lässt, das Aloïn zum Auskrystallisiren zu bringen. Gewöhnlich schon nach 1—2 Tagen schiessen zunächst am Rande des Deckglases die ersten strahligen Sphärite an, Fig. 33 A. Sie sind von gelber Farbe, zeigen das Ver-

1) HUSEMANN-HILGER. Die Pflanzenstoffe, 2. Aufl., Berlin 1882, S. 360. — F. FLÜCKIGER, Pharmakognosie des Pflanzenreichs, 3. Aufl., Berlin 1891, S. 203.

2) Archiv der Pharmacie, 1898, S. 206. — PEDERSEN, Inauguraldissert., Bern 1898.

3) O. A. OESTERLE, Beiträge zur Kenntnis des Aloëns, Archiv der Pharmacie. Bd. 237 (1899), S. 81.

halten des Aloïns und können nach und nach einen Durchmesser von über 2 mm erreichen. Daneben können auch Nadeln und Nadelbüschel von Aloïn entstehen.

Im Saft der Aloïnzellen von A. Schimper *TODERO* traf ich im Winter 1899 unmittelbar nach dem Ausfliessen knollige krystallinische Massen von gelber Farbe, Fig. 33 B, b; als ich im folgenden Winter sie wieder untersuchen wollte, gelang es mir leider nicht mehr, diese Körper aufzufinden, so dass ich nicht angeben kann, ob sie aus Aloïn bestehen.

Bei meinen Bestrebungen, das Aloïn direct im Saft zum Auskrystallisiren zu bringen, erhielt ich auch gute Resultate, indem ich den Saftropfen mit einem Tröpfchen Glycerin vermengte und unter Deckglas beließ. Es entstehen dann nach 1 bis mehreren Tagen zahlreiche Krystalle von verschiedener Form: dreieckige und beilartige Einzelkrystalle und Rosetten aus Prismen sowie unregelmässige Drusen. — So fand ich die Verhältnisse bei Aloë soccotrina DC., strahlige Sphärite erhielt ich, wenn auch nicht immer, bei A. ferox und A. barbadensis MILL. Hingegen war es mir bei Aloë saponaria HAW., A. vulgaris LAM., A. paniculata JACQ., A. elegans *TODERO*, A. picta THUNB. und A. latifolia HAW. nicht möglich, in der angegebenen Weise Aloïnsphärite zu erhalten.

Die eben beschriebenen Aloïnsphärite von Aloë soccotrina DC. wurden mit Wasser mehrmals rasch abgespült und dann weiter geprüft. Es zeigte sich, dass sie in Wasser langsam, in Aether sehr langsam und in Alkohol ziemlich rasch löslich sind.

In conc. Salpetersäure lösen sie sich sofort mit tief rother Farbe. Bromdämpfe färben die befeuchteten Krystalle tief kirschroth.

In Kalilauge und Ammoniak geben sie eine braungelbe Lösung, welche sich bei Luftzutritt roth färbt.

Mit Hilfe dieser Farbenreactionen, welche auch rein dargestelltes Aloïn — ob sich alle Aloïne gleich verhalten, vermag ich nicht zu sagen — zeigt, gelingt es, das Aloïn auch bei solchen Arten in den Aloïnzellen nachzuweisen, deren Saft direct keine Aloïnkrystalle giebt.

Am besten bewährte sich hierbei die Reaction mit Salpetersäure und in zweiter Linie die mit Brom. Beide Körper wurden am zweckmässigsten in Dampfform angewendet.

Ich lege den auf dem Objectträger liegenden Saftropfen oder einen Querschnitt durch das lebende Blatt über den Hals einer Salpetersäure- oder Bromflasche. Ist Aloïn in nachweisbaren Mengen vorhanden, so tritt schon nach kurzer Zeit eine carmin- oder himbeerrothe Färbung

ein, die sich bei der Wegnahme des Präparates an der Luft häufig noch verstärkt und bei Zufuhr von conc. Schwefelsäure bei grösseren Mengen von Aloin in Blau umschlägt. Eine zu lange Einwirkung der Dämpfe ist zu vermeiden, da dann der gebildete Farbstoff wieder zerstört wird. Die Reaction tritt immer zuerst in den Aloëzellen ein, weil das Aloin in diesen localisirt ist, und in den übrigen Zellen des Blattes nicht oder vielleicht nur in Spuren vorhanden ist. Sowie der Aloësaft aus den Aloinzellen sich in die Umgebung ergiesst, tritt die Reaction natürlich auch in dieser auf.

Nach dem angegebenen Verfahren erhielt ich die Rothfärbung mit Salpetersäure und zumeist auch mit Brom bei:

Aloë obscura	Aloë barbadensis MILL.
" picta THUNB.	" maculata
" abyssinica LAM.	" africana MILL.
" paniculata JACQ.	" soccotrina DC.

Negativ fiel das Resultat bei *A. elegans* TOD., *A. arborea* u. *A. Schimperi* TOD. aus.

Aloë soccotrina DC. zeichnet sich vor all den genannten Arten durch die ausserordentlich intensive Reaction aus. Bei dieser Gelegenheit sei auf die bereits bekannte Thatsache<sup>1)</sup> hingewiesen, dass der Saft gewisser Aloë-Arten die Eigenthümlichkeit hat, sich an der Luft zu röthen. Verwundete Stellen der Blätter, absterbende Organe färben sich gleichfalls roth.

Eine geradezu prachtvolle carminrothe Lösung erhält man nach meinen Beobachtungen, wenn man ein Blattstück von *A. soccotrina* DC. durch mehrstündiges Verweilenlassen in Chloroformdampf zum Absterben bringt und dann in das Wasser legt. Eine solche Lösung erhält man auch, wenn man ein Blattstück im Wasser kocht. Hierbei ist es gleichgiltig, ob man das Blatt sammt dem Wasser langsam bis zum Sieden erhitzt oder das Blattstück gleich in bereits kochendes Wasser fallen lässt.

Der aus dem quer durchschnittenen Blatt fliessende gelbe Aloësaft bleibt, wenn er rasch eintrocknet oder in wasserreichem Zustande von Luft abgesperrt wird, gelb, hingegen wird er, vor Wasserabgabe geschützt, an der Luft roth. Im Saft vorhandene Vacuolen zeigen die Rothfärbung häufig zuerst.

Es verdient ferner hervorgehoben zu werden, dass ich in Schnitten durch die Blätter von Aloë soccotrina DC. und in dem ausgeflossenen

---

F. ROCHLEDER, Phytochemie, Leipzig 1854, S. 228. Vgl. ferner F. PROLLIUS l. c. S. 567.

Safte nicht bloss mit Salpetersäure und Brom intensive Rothfärbung erhalten habe, wie bei den anderen genannten Arten, sondern im Gegensatz zu diesen brillante Roth- (carmin-, himbeer-, violettroth)-färbungen auch mit anderen Oxydationsmitteln erzielte, so mit 1-proc. Chromsäurelösung, Chlor, Chlorkalk, Jod und verd. Eisenchlorid.

Ob die spontane Röthung des Saftes an der Luft von einem besonderen Chromogen ausgeht oder vom Aloïn, wie PROLLIUS meint, habe ich nicht näher untersucht. Würde das letztere zutreffen, so müsste das Aloïn von *A. soccotrina* jedenfalls als verschieden von den Aloïnen sich nicht röthender Arten angenommen werden.

Aehnliche Erscheinungen der Röthung wie *A. soccotrina* DC. zeigt auch *A. africana* MILL., jedoch in viel schwächerem Grade.



---

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena — 2134

---







U.C. BERKELEY LIBRARIES



C026304131

